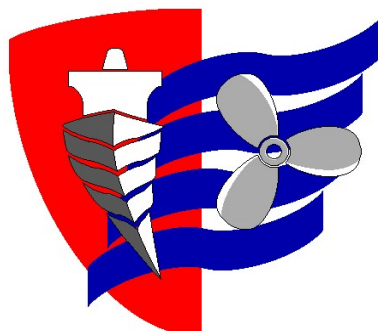


# **ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



## ***Trabajo Fin de Máster***

# **IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA RFID EN UN BUQUE RO-PAX PARA LA LOCALIZACIÓN DE PASAJEROS**

**(Implementation of a RFID System in a Ro-Pax Ship for  
Passengers Location)**

**Para acceder al Título de Máster Universitario en:  
Ingeniería Náutica y Gestión Marítima**

Autor: Antonio José Navarro Morales  
Director: Andrés Rafael Ortega Piris

Octubre-2019

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

***Trabajo Fin de Máster***

**IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA RFID EN UN  
BUQUE RO-PAX PARA LA LOCALIZACIÓN DE  
PASAJEROS**

**(Implementation of a RFID System in a Ro-Pax Ship for  
Passengers Location)**

**Para acceder al Título de Máster Universitario en:  
Ingeniería Náutica y Gestión Marítima**

Octubre-2019

## **AVISO DE RESPONSABILIDAD:**

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Máster de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Máster, así como el profesor/a director no son responsables del contenido último de este Trabajo.

# Índice

---

Índice.....	I
Resumen y Palabras clave.....	III
Tabla de abreviaturas.....	IV
Tabla de figuras.....	VII
I INTRODUCCIÓN.....	1
II MEMORIA DESCRIPTIVA.....	2
II.1 Planteamiento del problema e hipótesis (objetivos).....	2
II.1.1 Planteamiento del problema.....	2
II.1.2 Hipótesis de partida y objetivos.....	2
II.1.3 Hipótesis de resultado.....	4
II.2 Herramientas de resolución.....	5
II.2.1 Descripción del sistema objeto de estudio.....	7
II.2.2 Descripción del Contexto científico o técnico.....	9
II.2.3 Componentes.....	11
II.2.4 La tecnología RFID y la salud.....	25
II.2.5 Ensayos con tecnología RFID.....	27
II.2.6 Herramientas para la elaboración de procedimientos.....	27
III DISEÑO DEL SISTEMA RFID PARA LA LOCALIZACIÓN DE PASAJEROS. ....	32
III.1 El sistema.....	32
III.1.1 Introducción.....	32
III.1.2 Beneficios.....	33
III.1.3 Elección del sistema.....	34
III.1.4 Distribución de antenas en un buque roro-pax y radios de lectura.....	38
IV DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL USO DEL SISTEMA RFID. .....	42
IV.1 Ejemplo descriptivo general del procedimiento de localización de pasajeros. .....	42
IV.2 Condiciones necesarias para la activación del sistema RFID.....	43

IV.3 El procedimiento .....	45
IV.3.1 Objetivos y ámbito de aplicación. ....	45
IV.3.2 Referencias y normas aplicables. ....	45
IV.3.3 Definiciones y abreviaturas.....	45
IV.3.4 Flujograma.....	47
IV.3.5 Responsabilidades. ....	48
IV.3.6 Descripción de actividad.....	49
IV.3.7 Documentos de registro de incidencias. ....	50
IV.3.8 Mantenimiento y auditorias.....	52
V CONCLUSIONES .....	56
REFERENCIAS .....	57

# Resumen y Palabras clave

---

## Resumen

El presente trabajo propone la implantación de un sistema de localización en tiempo real, tanto en el interior como en las cubiertas exteriores para los pasajeros de un buque, mediante tecnología de radiofrecuencia, con pulsera localizadora.

También desarrolla un procedimiento para un uso del sistema que respete el derecho a la intimidad de los pasajeros.

Como resultado obtendremos un sistema para localizar a un pasajero desaparecido eficaz, junto con una herramienta (el procedimiento) para usarlo correctamente.

## Palabras clave

Radiofrecuencia, localización en tiempo real, sistemas RFID, localización de pasajeros, seguridad marítima.

## Summary

In this present work, a real time location system implantation is proposed, indoor and outdoor, in all passenger's decks, using radiofrequency technology with tracking bracelet.

It also develops a procedure for the use of the system, which respect passenger's rights to privacy.

As a result we will get an efficient missing passenger location system, along with a tool (the procedure) to use it correctly.

## Keywords

Radiofrequency, real time location system, RFID systems, passengers' location, marine safety.

## Tabla de abreviaturas

---

**AFSSET:** Agencia Francesa de Seguridad Sanitaria del Medio Ambiente y del Trabajo

**ASK:** Amplitude Shift Keying / Modulación en Amplitud, Apagado Encendido

**CCTV:** Circuito Cerrado de Televisión

**DBP:** Differential Bi-phase / Codificación Diferencial Bifase

**EAS:** Electronic Article Surveillance / Protección Electrónica de Artículos

**FDX:** Full-Duplex / Dúplex Completo

**FSK:** Frequency Shift Keying / Modulación por Desviación de Frecuencia

**GHZ:** Gigahertzio

**GLONASS:** Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema / Sistema mundial de navegación por satélite.

**GNSS:** Global Navigation Satellite System / Sistema Global de Navegación por Satélite

**GPS:** Global Positioning System / Sistema de Posicionamiento Global

**GSM:** Global System for Mobile Communications / Sistema Mundial para Comunicaciones Móviles

**HDX:** Half-Duplex / Medio Dúplex

**HF:** High Frequency / Alta Frecuencia

**IBM:** International Business Machines Corporation / Máquina de Negocios Internacionales

**ICNIRP:** The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection / Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante

**IFF:** Identification Friend or Foe / Identificación Amigo o Enemigo

**IGS / ISM:** Código Internacional de Gestión de la Seguridad / International Safety Management Code

**IMO / OMI:** International Maritime Organization / Organización Marítima Internacional.

**KHZ:** Kilohertzio

**LF:** Low Frequency / Baja Frecuencia

**MGS:** Manual de Gestión de la Seguridad

**MHZ:** Megahertzio

**mW:** Milivatio

**NRZ:** Non Return to Zero / No Retorno a Cero

**OMS:** Organización Mundial de la Salud

**PMR:** Persona de Movilidad Reducida

**PPC:** Codificación Pulso Pausa

**PSK:** Phase Shift Keying / Modulación por Desviación de Fase

**RF:** Radio Frequency / Radiofrecuencia

**RFID:** Radio Frequency Identification / Identificación por Radiofrecuencia

**RORO-PAX:** Rol on Rol off Passenger ship / Buque combinado carga rodada y pasaje

**RSSI:** Received Signal Strenght Indicator / Indicador de Fuerza de la Señal Recibida

**RTLS:** Real Time Location System / Localización en Tiempo Real

**SAB:** Servicios A Bordo

**SEQ:** Secuencial

**SOLAS:** International Convention for the Safety of Life at Sea / Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida humana en el Mar.

**TOTAL:** Tag Only Talks After Listening / Etiqueta Solo Responde Después de Escuchar

**UE:** Unión Europea

**UEOMS:** Oficina Regional para Europa de la Organización Mundial de la Salud



**UHF:** Ultra High Frequency / Ultra Alta Frecuencia

**V/m:** Voltios por Metro

**W:** Vatio

**WIFI:** *Wireless Fidelity* / Conexión Inalámbrica

## Tabla de figuras

---

<b>Figura 1:</b> Esquema de un sistema RFID.....	10
<b>Figura 2:</b> Ejemplo de etiquetas pasivas.....	11
<b>Figura 3:</b> Ejemplo de etiquetas activas.....	12
<b>Figura 4:</b> Ejemplo de etiquetas semipasivas.....	13
<b>Figura 5:</b> Ejemplos de lector modular, portátil y fijo.....	14
<b>Figura 6:</b> Bandas de espectro radioeléctrico.....	17
<b>Figura 7:</b> Modos de comunicación.....	18
<b>Figura 8:</b> Representación gráfica de las principales codificaciones.....	19
<b>Figura 9:</b> Posible transmisión de una señal usando PPC.....	19
<b>Figura 10:</b> Ejemplo de antenas RFID.....	21
<b>Figura 11:</b> Ilustración ISM Code.....	28
<b>Figura 12:</b> Ilustración Convenio SOLAS.....	31
<b>Figura 13:</b> Pulseras RFID activas de silicona.....	34
<b>Figura 14:</b> Irradiación antena omnidireccional.....	35
<b>Figura 15:</b> Representación gráfica de la propagación de onda en caso de una polarización circular.....	36
<b>Figura 16:</b> Escenificación de localización de tag mediante técnica de superposición de anillos.....	37
<b>Figura 17:</b> Ejemplo de distribución de antenas en buque de pasaje y cobertura de las mismas en cubierta 9.....	39
<b>Figura 18:</b> Ejemplo de distribución de antenas en buque de pasaje y cobertura de las mismas en cubierta 8.....	40
<b>Figura 19:</b> Ejemplo de distribución de antenas en buque de pasaje y cobertura de las mismas en cubierta 7.....	41

# I INTRODUCCIÓN

Independientemente de la comodidad y confort que los buques de pasaje han experimentado en las últimas décadas, paralelamente se han ido estableciendo elementos y protocolos de actuación en pro de la seguridad del buque, del pasaje, de la carga y del medioambiente.

La realidad actual nos empuja hacia un marco de seguridad cada vez más especializado, apoyado en la tecnología para minimizar riesgos. Es en este ámbito donde se desarrolla este proyecto.

La tecnología por radiofrecuencia no es una tecnología nueva, (lleva más de 50 años entre nosotros), sin embargo sí es una tecnología aún en desarrollo y con un gran potencial.

La localización por ondas de radio, mediante pulsera identificadora, proporcionará un aumento en la seguridad del pasaje y la tripulación, en especial en los grupos más vulnerables y subsidiariamente en sus acompañantes, repercutiendo directamente sobre la reputación de la empresa.

Aun siendo un desembolso de dinero importante a la hora del diseño y posterior mantenimiento de un sistema en un buque, los beneficios, a corto y largo plazo se verán reflejados en una disminución sustancial de incidencias que deriven en un riesgo para la seguridad, como en una gestión eficaz de los recursos en caso de necesitar su uso.

El sistema y procedimiento que se presentan en este trabajo, tratan de proporcionar una nueva herramienta de seguridad junto con las instrucciones de usarla.

Se basa en el uso de etiquetas activas de radiofrecuencia instaladas en pulseras que responderán al mensaje de un transceptor, mensaje transmitido por una serie de antenas distribuidas por el buque, y que mediante una serie de algoritmos determinarán la posición de la pulsera, junto con la identificación del pasajero al que corresponde.

## **II MEMORIA DESCRIPTIVA.**

### **II.1 Planteamiento del problema e hipótesis (objetivos).**

#### **II.1.1 Planteamiento del problema**

La incorporación de nueva tecnología es vital para el desarrollo de la seguridad abordó, esta política en su inmensidad reactiva (accidente-normativa), ha llevado a la implantación de diversidad de medidas para disminuir los riesgos tanto para las personas, el medio, la carga y el propio buque. Sin embargo, por mucho que queramos, no podemos dejar de ser conscientes de que los riesgos existen y existirán, al igual que los accidentes, y es nuestro propósito disminuirlos al máximo posible para evitar un desenlace fatal.

No alejando mucho la mirada en el tiempo, desde el desgraciado accidente del Titanic, hasta el más mediático reciente del Costa Concordia, podemos observar una progresión tecnológica que ha ayuda y en mucho a salvar vidas, sin embargo, las desgracias siguen sucediendo, y es la intención de este trabajo, mostrar los beneficios de un sistema de localización e identificación en tiempo real a bordo del buque.

Las posibilidades que nos da un sistema basado en la tecnología RFID, con pulseras activas localizadoras que operen en el rango de UHF, instalado en un barco, para gestionar una emergencia, ya fuere de búsqueda y rescate, o de conducción de pasaje junto con el desarrollo del procedimiento apropiado para poder incluirlo en el Manual de Seguridad del Buque, serán temas que se desarrollaran en este Trabajo Fin de Máster a lo largo de los siguientes epígrafes.

#### **II.1.2 Hipótesis de partida y objetivos**

La localización de pasajeros en caso de una emergencia abordó siempre es un hándicap para gestionar la propia emergencia, desde el factor humano del pasajero, incluso el de los rescatadores o la tripulación encargada de la conducción de pasaje, hasta las características de la propia emergencia y del buque, son factores determinantes a la hora de administrar los recursos existentes para la resolución de la emergencia.

La inclusión como sistema de seguridad, de un sistema de localización e identificación por radiofrecuencia de los pasajeros, puede contribuir a la mejor gestión de emergencias abordo, como por ejemplo pueden ser:

- Gestión de desaparición de un pasajero.

Por parte de la tripulación es imperioso, poder gestionar una denuncia por desaparición de un pasajero, activando los protocolos de localización de pulsera identificadora, consiguiendo reducir los tiempos de reacción del buque ante una posible caída al mar, como de localización de un menor que se encuentre desorientado y/o asustado,...

- Localización de pasaje faltante en caso de emergencia.

En caso de señal de emergencia, los pasajeros han de acudir a las zonas establecidas como puntos de reunión en el buque, los tripulantes han de recorrer todas las zonas revisando que nadie quede atrás, sin embargo, las diferentes experiencias vividas, nos han demostrado que en ocasiones pasajeros quedan en zonas o que no se han revisado, por fallo de la tripulación, o es el propio pasajero el que se esconde o desatiende las indicaciones de la tripulación haciendo mucho más dificultosa su localización.

- Identificación de necesidades especiales de pasajeros en caso de emergencia.

En caso de búsqueda de pasaje faltante será muy beneficioso para la patrulla/tripulación que esté realizando la búsqueda, el saber de antemano, las necesidades especiales o condiciones físicas/psicológicas del pasajero a la hora de optimizar la resolución de la búsqueda.

- Control de multitudes y conducción de pasaje en emergencias.

El crecimiento del tamaño de los buques, junto con la complicación de éstos, aumentando sus infraestructuras situadas en las zonas de pasaje hace que cada vez sea más necesario comprobar los flujos de movimientos de personas en caso de una emergencia, tenerlos localizados y poderlos distribuir acorde a por ejemplo, los medios de abandono disponibles que existen en el barco en el transcurso de un abandono, el saber hacia dónde se dirigen, si queda alguien atrás o si hay que reconducirlos, pudiendo tomar decisiones en tiempo real y con valores

actualizados, es vital para gestionar la propia emergencia minimizando los daños tanto personales como materiales.

Centrándonos en estas hipótesis de partida el objetivo principal es desarrollar un sistema RFID de localización en tiempo real, para las zonas de pasaje de un barco, ejemplarizado en un buque ro-ro-pax con capacidad para 1200 personas.

Como objetivo secundario se plantea la elaboración de un procedimiento para la búsqueda de personas a bordo en caso de desaparición, procedimiento que se incluirá en el MGS del buque.

### **II.1.3 Hipótesis de resultado**

Se presume la optimización de recursos en caso de una emergencia, disminuyendo el tiempo de reacción, distribuyendo los activos acorde a las necesidades, reduciendo fallos humanos a la hora de búsqueda de pasaje y conducción de éste.

Haciendo mención a las hipótesis de partida antes mencionadas, podríamos decir que:

- Gestión de desaparición de un pasajero.

Mejora sustancial del tiempo de reacción por parte de la tripulación y el buque.

- Localización de pasaje faltante en caso de emergencia.

Mejora de tiempo y actuación de patrulla de búsqueda y rescate, pudiendo ir a la localización del pasajero directamente.

- Identificación de necesidades especiales de pasajeros en caso de emergencia.

Optimización de recursos, al ir ya provistos del material necesario en caso de una necesidad física específica (por ejemplo una persona de movilidad reducida), o siendo conscientes de la actuación requerida ante una persona con discapacidad.

- Control de multitudes y conducción de pasaje en emergencias.

Toma de decisiones en tiempo real. Desde evitar el colapso de un punto de abandono, hasta reconducir por la ruta de evacuación más apropiada al pasaje,...  
Creación de modelos descriptivos ante situaciones de emergencia del comportamiento del pasaje en caso de abandono.

## II.2 Herramientas de resolución

A continuación se describirán brevemente los sistemas de localización en tiempo real los cuales en la actualidad tienen diversas utilidades y se justificará su uso o no en un buque de pasaje.

### GNSS

Son sistemas globales de navegación por satélite, como el popular GPS, u otros como GLONASS, GALILEO,...

Se basan en el cálculo de la posición del usuario en base a la señal recibida como mínimo de parte de 4 satélites (tres para la posición y uno para eliminar errores), el receptor, recibe de cada satélite su posición y el tiempo de envío de cada señal (los satélites transmiten todos al mismo tiempo), pudiendo con esta información calcular por triangulación su posición en la tierra.

Tienen un margen de error de entre 3 y 5 metros, por lo que en la búsqueda y posicionamiento de pasajeros puede ser un grave inconveniente, pudiendo encontrarse en zonas adyacentes pero de distintos accesos, produciendo un retraso en el rescate.

Otro gran inconveniente es que el sistema necesita línea de visión directa entre el usuario y los satélites, por lo que la utilización dentro de un barco sería por así decirlo, poco fructífera.

Es por lo que estos sistemas, se han desechado para instaurar un sistema de localización de personas en el interior de un recinto, como acontece en este caso, dentro de un buque. [1][2]

### LOCALIZACIÓN POR INFRARROJOS

En esta tecnología, es imprescindible la visión directa, y debido a su corto alcance sería necesario colocar infinidad de emisores de infrarrojos, sin lograr finalmente el objetivo de cubrir el 100% de las zonas a cubrir [3].

Es otra de los sistemas que no se tienen en cuenta para este sistema de localización.

## BLUETOOTH

Basado en la triangulación de la posición apoyándose en dispositivos bluetooth de su alrededor. Es una tecnología barata, y que puede ser una alternativa al problema de la localización en interiores en caso de emergencia, aunque en la actualidad, se ha encaminado más hacia un uso comercial, aprovechando el tan extendido uso del móvil, se envía información al consumidor cuando se encuentra cerca del producto, o se le orienta para llegar a él. No estando potenciado su uso para temas de seguridad, por ahora la mayoría de los sistemas son de corto alcance, aunque es una tecnología en desarrollo [4].

## WIFI

Al igual que las “beacons” usadas en sistemas bluetooth, las balizas wifi, permiten la conexión de con un punto de acceso, el cual emite una señal periódica indicando su presencia. Encaminado su estudio y desarrollo al mundo comercial, donde se ha desarrollado y sigue haciéndolo bastante y dentro del mundo de la telefonía móvil.

Como defecto podemos encontrarnos con la posible interferencia de dos redes que emitan simultáneamente un beacon, llegando a ser inservible la señal de ambos, por lo que sería deseable usar canales que no están fuertemente ocupados, al igual que tener en cuenta el multitrayecto de la señal, el cual debe estar minuciosamente modelizado antes de la implantación del sistema para evitar las áreas sin señal o de potencia muy reducida.

## GSM

La localización por teléfono, tanto por su inexactitud, como por encontrarnos en un medio marino, donde con normalidad pierdes la señal de los repetidores es inviable para crear un sistema de localización en un buque.

## RFID

Un sistema RFID tiene un funcionamiento sencillo, mediante radiofrecuencia, una etiqueta que contiene una identificación, responde a la petición de un emisor-receptor RFID, el cual lee y transmite de forma digital la información recibida a la aplicación específica que se use.



Es un sistema que se compone básicamente de los siguientes elementos:

Etiqueta RFID

Pasiva

Activa

Semipasiva

Lector RFID o transceptor

Subsistema de procesamiento de datos

Mediante una triangulación de diferentes transceptores, se podrá determinar la posición del individuo.

Una de las ventajas de las ondas RF es su capacidad para penetrar hasta cierto punto superficies y obstáculos, por lo que un número moderado de emisores-receptores RFID abarcarían un espacio mayor que por ejemplo, de equipos de infrarrojos o ultrasonidos, al tiempo que obvias la línea visual directa con la etiqueta.

En ocasiones debido a la alta velocidad de propagación de las ondas de RF, los sistemas se suelen combinar con sistemas de velocidad de onda más lentos como los ultrasonidos, de esa manera se puede reducir aún más el margen de error a la hora de posicionar la etiqueta.

Sin embargo no está exenta de posibles fallos, el multicamino, la reflexión, difracción y atenuación de la señal por obstáculos, puede hacer fluctuar la señal.

Por último se utilizarán las herramientas necesarias para la elaboración de procedimientos.

### **II.2.1 Descripción del sistema objeto de estudio.**

No existe la certeza de cuando se desarrolló con exactitud la tecnología RFID, la hipótesis más plausible es la del desarrollo de esta tecnología por parte de los militares británicos en la segunda guerra mundial.

Una gran multitud de descubrimientos científicos y tecnológicos a lo largo de la historia han sido primeramente usados con fines militares antes de una generalización de uso, y con el rfid sucedió igual.

Durante la Segunda Guerra Mundial, la detección de aviones era posible con los radares, sin embargo la identificación como amigos o enemigos no era posible.

En pro de una solución, el físico escocés Sir Robert Watson-Wall, desarrollo un sistema para identificar si los aviones detectados eran aliados o enemigos, el IFF (identification friend or foe), una antena en el fuselaje, junto con un transmisor en cada avión permitía recibir la señal del radar y emitir una señal identificativa como amigo. Este es sin duda el fundamento de la tecnología RFID. [5]

La combinación de la tecnología de radiofusión y el radar fueron los cimientos de la tecnología RFID, con un funcionamiento que podríamos resumir en:

Un transmisor envía una señal, una etiqueta la recibe y responde generando un mensaje, ya sea de forma pasiva, aprovechando la energía de la onda inicial o de forma activa, con su propia fuente de energía.

Sin embargo para llegar a la situación actual se ha tenido que desarrollar considerablemente esa idea inicial. La tecnología RFID no ha tenido un avance fulgurante, pero si un proceso de 50 años de avances progresivos.

En los años cincuenta se desarrollaron muchos estudios para crear sistemas seguros en diferentes instalaciones, desde minas, hasta instalaciones nucleares, controles de acceso o sistemas antirrobo. Pero será en los años 60 cuando los primeros estudios comerciales se iniciaron, Sensormatic y Checkpoint, fueron las empresas desarrolladoras de un equipo de vigilancia anti-intrusión electrónica (EAS), lo que propinó un poico en el desarrollo RFID en la siguiente década.

A partir de aquí se empiezan a crear las primeras patente RFID; empezando por Mario W. Cardullo, quien obtuvo una patente para la etiqueta RFID activa con memoria recargable, Charles Walton, quien también patentó un transpondedor pasivo para desbloquear puertas sin llave. IBM el sistema RFID UHF en los 90...[4][6]

Innegables avances se han producido a raíz de este desarrollo, desde los tele peajes, localización de activos en hospitales, hasta la etiquetas de los productos que han desplazado al código de barras hoy en día, aun así, es un camino que aunque ya

empezado, es largo de recorrer, ya que la tecnología RFID nos proporciona un amplio abanico de posibilidades, el abaratamiento de los costes, la mejoría de la seguridad, el aumento de rango y posibilidad de aumentar los datos incluidos en el chip, junto con los diferentes avances que estén por llegar, hacen de esta tecnología un campo enrome aun por explotar.

### **II.2.2 Descripción del Contexto científico o técnico**

Un sistema RFID es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remoto por radiofrecuencia, las mismas siglas significan Radio Frequency Identification (Identificación por radiofrecuencia) es un avance en la identificación automática que poco a poco relegará al código de barras a un segundo plano. Su funcionamiento se basa en una etiqueta RFID que contiene una identificación y que transmite mediante una señal de radiofrecuencia. Esta señal es capturada por un lector RFID, que la lee y la transmite a una aplicación específica llamada middleware para su interpretación [7][8].

Un sistema RFID consta de tres componentes:

1. Lector de RFID o Transceptor: Una antena, un transceptor y un decodificador, forman un lector. Éste envía señales para ver si hay etiquetas en su rango de lectura, cuando capta una señal, lee el mensaje y se lo transmite al subsistema de datos o middleware. La propia señal del lector en caso de etiquetas pasivas, se utiliza por estas como fuente de energía para poder transmitir su mensaje. Existen lectores que pueden editar el mensaje de la etiqueta gracias a módulos de programación integrados (en el caso de que sea una etiqueta editable).
2. Subsistema de procesamiento de datos o Middleware: Es la aplicación informática específica que procesa y almacena los datos. Es un software que permite gestionar el mensaje, pudiendo extraer la información útil recibida por el lector para las diferentes aplicaciones empresariales. Haría las veces de un traductor al idioma de las aplicaciones interesadas en la información de la etiqueta.
3. Etiqueta RFID, transpondedor o Tag: A la etiqueta RFID la conforma una antena, un transductor radio y un microchip. A través de la antena transmite los datos de identificación de la etiqueta. Depende del modelo puede poseer memoria interna para almacenar otros datos adicionales, y depende del modelo también existen etiquetas de solo lectura (no reutilizables o a las cuales no se les puede modificar el mensaje ni

adjuntar o borrar datos adicionales) y de lectura escritura (con posibilidad de edición de la información de las etiquetas).

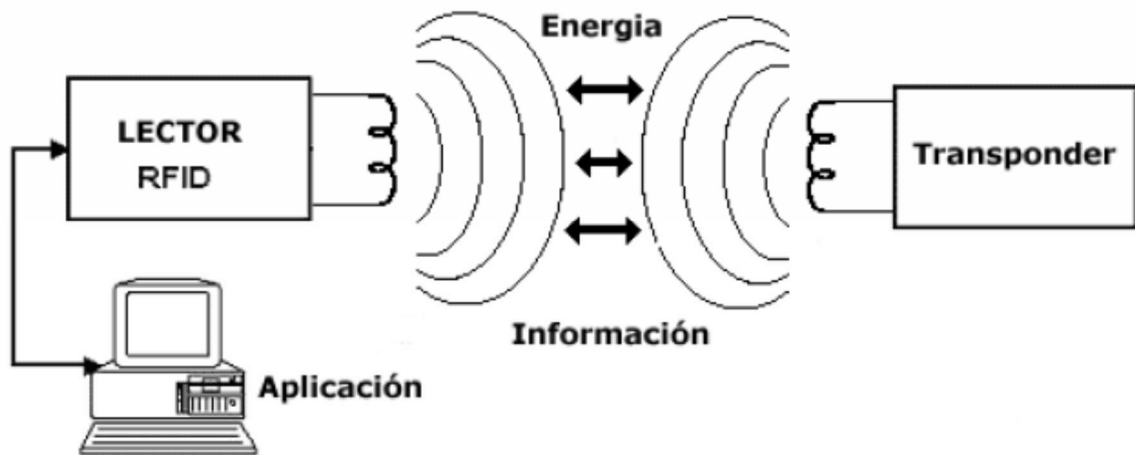


Figura 1 Esquema de un sistema RFID

Fuente: Estudio, diseño y simulación de un sistema RFID basado en EPC. José María Ciudad Herrera, Eduard Samà Casanovas

La manera de comunicarse es mediante una interfaz aérea, y sus características más importantes serían:

- La frecuencia de operación.
- El modo de comunicación.
- La modulación.
- La codificación.
- El acoplamiento.

Las frecuencias de operación en las que actúan los sistemas RFID se pueden agrupar en baja frecuencia que actúa a 135 KHz, alta frecuencia que utiliza una frecuencia de 13,56 MHz, ultra-alta frecuencia que actúa en las frecuencias 433 MHz, 860 MHz y 928 MHz y por último microondas que opera a 2,45 o 5,8 GHz.

De la misma manera en que su radio sintoniza diferentes frecuencias para escuchar distintos canales, las etiquetas y lectores de RFID deben sintonizarse en la misma frecuencia para poder comunicarse entre sí. Los sistemas de RFID utilizan muchas frecuencias diferentes, pero por lo general las más comunes son las frecuencias bajas (alrededor de 125 KHz), las frecuencias altas (13.56 MHz) y la frecuencia ultra alta o

UHF (860 a 960 MHz). Algunas aplicaciones utilizan las microondas (2.45 GHz). Las ondas radiales se comportan de diferentes maneras con las diferentes frecuencias, así que se debe elegir la frecuencia correcta para la aplicación correcta.

## II.2.3 Componentes

### II.2.3.1 Etiquetas RFID

- Pasivas

Las etiquetas pasivas no tienen fuente de alimentación interna, no la necesitan [9]. Se activan cuando reciben la energía de un lector mediante una señal de ondas electromagnéticas que inducen corriente en la antena de la etiqueta, suficiente para alimentar el circuito integrado, generando y transmitiendo una respuesta.

Es decir, depende totalmente de la energía electromagnética de radiofrecuencia, para energía y comunicación, por lo que estas etiquetas suelen tener algunas restricciones de lecto-escritura.

El rango de lectura suele ser de un máximo de 5 a 10 metros, dependiendo del tamaño y diseño de la antena, frecuencia usada y tipo de etiqueta. Una de las desventajas, es que el mensaje transmitido en la inmensa mayoría de los casos es breve, suele ser un número de identificación, no pudiendo ampliar mucho más el almacenamiento y transmitirlo.

Normalmente usan un backscatter pasivo para la comunicación con el lector, un campo eléctrico y/o acoplamiento inductivo para la transferencia de energía.

Son tarjetas que se activan solo como medida de respuesta a un estímulo externo, por lo que su vida útil es muy larga, la posibilidad de fallo es mínima y los costes muy reducidos y cada vez menores, otra de sus ventajas es su reducido tamaño.

Queda claro, que dependiendo de la utilidad a la que estén destinados, su simplicidad, puede jugar a favor o en contra de su objetivo. De ahí la posibilidad de usar los otros dos sistemas que se nombran a continuación.



Figura 2: Ejemplo de etiquetas pasivas

Fuentes de izquierda a derecha: [prometec.net](http://prometec.net) y [fqingenieria.com](http://fqingenieria.com)

- Activas

A diferencia de los pasivos, estas etiquetas sí que poseen una fuente de alimentación autónoma (normalmente una batería), y con ella distribuyen corriente a sus circuitos integrados y propagan mediante un transmisor, su señal al lector; gracias a ello, son capaces de transmitir señales más potentes y fiables, de mucho mayor distancia de lectura mayor que los pasivos, con respuestas claras a recepciones débiles y en entornos más dificultosos para la radiofrecuencia (metal, agua,...) por lo que son más eficientes en entornos más dificultosos para la radiofrecuencia.

Estas etiquetas activas, pueden disponer de mayor memoria y funciones de procesamiento (sensores de humedad, temperatura, movimiento,...), información que puede ser comunicada y almacenada en la propia etiqueta. Normalmente al ser dispositivos dependientes de una batería, suelen enviar también la información del nivel de batería al lector, información de ayuda para sustituir las etiquetas que estén cercas a quedar sin batería. [10]

Dependiendo de su forma de comportarse podremos distinguir dos tipos de etiquetas, las que transmiten en una secuencia de intervalos establecido, llamadas “balizas” y los que esperan a ser consultadas por el lector para activarse y transmitir los datos.

Estas etiquetas poseen una mejor relación señal/ruido. Son normalmente usados en entornos difíciles, cercanías con metales y para grandes distancias (llegan incluso a cientos de metros). Son también usados para localizar activos en tiempo real (Real Time Location Systems). Resultan mucho más costosos que las pasivas, debido a estas características mejoradas, siendo más grandes y con una vida útil más corta.

En la actualidad, se ha conseguido reducir el tamaño de las etiquetas activas, llegando al tamaño de una moneda, he incrementado la vida de la batería integrada hasta 10 años.



Figura 3: Ejemplo de etiquetas activas

Fuentes de izquierda a derecha: kimaldi.com, aprender.tdrobotica.co y nextpoints.com

- Semi-pasivas

Las etiquetas semipasivas, son etiquetas que poseen una fuente de alimentación propia, pero a diferencia de las activas, esta batería tan solo alimenta al microchip, no es usada para la transmisión del mensaje, a la hora de transmitir, su funcionamiento es básicamente igual que en una etiqueta pasiva, ya que la energía en la radiofrecuencia se refleja hacia el lector que la emite. Este diseño mejora el tiempo de respuesta y aumenta el rango de lectura, al mismo tiempo que posee una fiabilidad comparable a las etiquetas activas y una vida útil mayor. Pueden poseer mayor capacidad de memoria al tiempo de incluir funciones de procesamiento adicionales (diferentes sensores para determinar, temperatura, humedad,...)

Por el contra, al igual que sucede con las etiquetas activas, su costo es mayor que en las pasivas y su tamaño también es mayor que estas.



Figura 4: Ejemplo de etiquetas semipasivas

Fuentes de izquierda a derecha: nextpoints.com y vanch.net

### II.2.3.2 Lector RFID

Conocido también como interrogador, su principal cometido es transmitir y recibir señales transformando las ondas de RF de las etiquetas en un lenguaje comprensible para un ordenador.

Estos elementos fundamentales para un sistema RFID, suelen estar conectados a antenas, ya sean fijas o en unidades portátiles, y pueden suministrar energía a las etiquetas RFID pasivas.

Los lectores, en su gran mayoría suelen tanto poder leer como escribir la información necesaria en la etiqueta, para que cuando sea leída la transmita.

La comunicación lector-etiqueta puede utilizar cualquiera de las cuatro bandas de frecuencia: baja, alta, ultra alta, y de microondas.

También, la emisión y recepción por parte del interrogador o de varios interrogadores, de varias etiquetas simultáneamente, no supone ningún problema de funcionamiento, mediante un software de depuración, se procesa y ordena la información de manera que no haya bloqueos. A este proceso se le llama proceso anticolisión.

Un lector tiene que estar conectado a través de cables de antenas para realizar la transmisión y recepción de señales. Los lectores utilizan protocolos estándar de comunicación para comunicarse.

Podríamos comparar, al lector de un sistema RFID como su cerebro, genera señales para la comunicación y procesa e interpreta las ondas devueltas por las etiquetas. Sin un lector sería imposible la comunicación en el sistema, por lo que sería imposible la trazabilidad de los activos.



Figura 5: Ejemplos de lector modular, portátil y fijo.

Fuentes: elion.es, zebra.com y logiscenter.com

La función básica del interrogador es la de lectura de etiquetas y lo realiza en dos partes:

Creación del mensaje; para iniciar una comunicación, el lector genera una señal analógica, con una potencia y frecuencia determinada, la emite a través de una antena en forma de onda de radio (UHF) o un campo electromagnético (HF), dependiendo del sistema.

Interpretación de la respuesta; tras la generación de respuesta por la etiqueta, el lector la recibe por su antena y la interpreta, identificando la etiqueta y transformando el mensaje en datos computables para un ordenador.



Para que exista comunicación, es imprescindible un lenguaje común entre los elementos del sistema, por lo que hay que asegurarse que en nuestro sistema, las etiquetas y lector funcionan en la misma frecuencia.

Nos podemos encontrar lectores de RFID tanto fijos, como móviles, hasta los de mano. Estos últimos suelen ser los de menor rango de lectura.

### **II.2.3.3 Sistema de procesamiento de datos**

El llamado middleware es un software que hace de puente entre el hardware del sistema RFID y la aplicación que se use para la gestión a nivel empresarial. Podríamos destacar entre muchas de sus funciones [11]:

El procesamiento de datos. Extrae la información que reciben los lectores de las etiquetas, la filtra y la almacena en una base de datos, disponiendo de ella cuando necesite.

Gestión de dispositivos. Es capaz de controlar cualquier tipo de hardware de un sistema RFID como un lector, sensor, impresora,... Gestiona lectores e incluso advierte al administrador de por ejemplo, algún lector que esté operando defectuosamente, o incluso actualizando dispositivos que le indiquemos del sistema.

Encaminamiento de datos. El middleware como nos hemos referido en un principio es un puente, cuando una aplicación solicita una información es el encargado de extraerla de la base de datos y suministrársela a la aplicación en un lenguaje que entienda, para poder usado por esta.

Este gran desconocido, al que mucha gente no le presta la debida elección, será el responsable de una gestión óptima de los datos, que influirá directamente en el eficiente del sistema. Hay que tener en cuenta que los sistemas RFID cada vez son más grandes y complejos, por lo que es imprescindible contar con un buen middleware que evite colapsos o problemas en la administración de los datos del sistema.

### **II.2.3.4 Interfaz de comunicación**

La interfaz de comunicación es el medio por el cual los lectores del sistema RFID se comunican con las etiquetas, es imperioso que sea estandarizado, para evitar incompatibilidades y evitar el no funcionamiento del sistema RFID. En los sistemas RFID se considera que el interfaz de comunicación es aérea, y sus características principales son:

- Frecuencias de operación
- Modo de comunicación
- Modulación
- Codificación
- Acoplamiento

#### **II.2.3.4.1 Frecuencias de operación**

Podemos clasificar un sistema RFID por la frecuencia de operación. Esta frecuencia (determinada en términos de Hertz) será determinante en aspectos y características fundamentales, como la capacidad de datos de las etiquetas, la velocidad y el tiempo de lectura, el radio de cobertura,...

La clasificación de las frecuencias de operación RFID será de la siguiente manera [12]:

- Baja frecuencia, (LF o Low Frequency), en el rango de 30 a 300 KHz, usadas en su inmensidad con tags pasivos, que suelen actuar en torno a los 135KHz y precisan de un acoplamiento inductivo para generar la energía que alimente el circuito integrado para producir una respuesta. Son tags que no tienen una gran velocidad de lectura de datos al igual que también carecen de una gran capacidad de almacenamiento de datos. El rango de lectura es muy pequeño, y aunque tienen una buena penetración en materiales no conductores, son usados para entornos en los que hay que hacer pocas lecturas en muy cortas distancias. Su uso se puede ver reflejado en controles de acceso o identificación de animales,...
- Alta frecuencia, (HF o High Frequency), en el rango de 3 a 30 MHz, normalmente empleada en tags pasivos que al igual que los anteriores necesitan un acoplamiento inductivo para obtener energía. Su cobertura en tags pasivos llega en torno a los 2 metros, aumentando hasta los 15 metros en tags activos. La capacidad de almacenamiento y de transferencia de datos es media, teniendo una buena penetración en materiales no conductores, no así ante la presencia de metales, ante los que se produce un reflejo de la señal. Es bastante más barata de producir que una etiqueta de baja frecuencia y hoy en día podemos observar su uso en aeropuertos (control de equipajes), seguimiento de paqueterías o monederos electrónicos por poner ejemplos.

- Ultra alta frecuencia, (UHF o Ultra High Frequency), en el rango de 300 a 3000Mhz, podemos encontrar tanto tags activos como pasivos, con capacidades mayores que los tipos anteriores, que permiten direccionar datos. La velocidad de transferencia de información así como la capacidad de almacenaje es alta, poseen la capacidad de multilectura, pudiendo leer varios tags al mismo tiempo (lectores específicos UHF pueden leer miles de tags por segundo). Son inmunes al ruido por interferencias electromagnéticas y tienen una buena penetración ante materiales conductores y no conductores, no siendo así en líquidos.

Esta versatilidad en la mayoría de los ambientes ha producido un desarrollo considerable en su trayectoria comercial, que podemos ver representado en seguimientos de bienes y artículos varios, aplicaciones militares de localización en interiores, logística de cadenas de suministro,...

- Microondas, (Microwave), normalmente operan en 2,45 Ghz, para tags activos con una muy alta capacidad de transferencia de datos y capacidad de almacenaje, tienen un mayor alcance de lectura. Su penetración en materiales no conductores es buena, pero no sucede lo mismo con el agua, donde la señal es absorbida, ni con los metales (refleja la señal) u otros materiales conductores. Es una mala opción para ambientes hostiles. Son tags válidos para cubrir necesidades de alta cobertura y transmisión rápida, como sucede en peajes de carreteras, aplicaciones logísticas militares,...

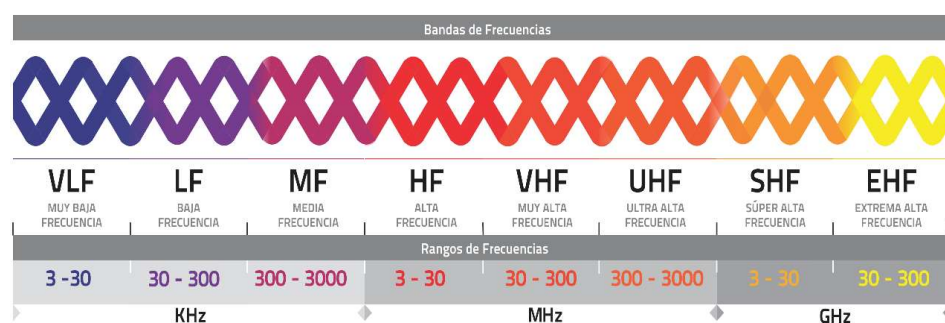


Figura 6: Bandas de espectro radioeléctrico.

Fuente: <http://www.conatel.gob.ve>

#### II.2.3.4.2 Modo de comunicación

Nos referimos en este apartado a la capacidad de transmisión de la red. En los sistemas RFID pueden ser [13]:

Full-Duplex (FDX): Ambos elementos, la etiqueta y el lector pueden hablar al mismo tiempo.

Half-Duplex (HDX): Basado en una comunicación por turnos, ambos, tag y lector pueden hablar pero cada uno en su turno.

Secuencial (SEQ): Cada uno de los elementos se podrá comunicar en un determinado tiempo ya que se produce un apagado temporal de su campo electromagnético en lapsos de tiempo regulares.

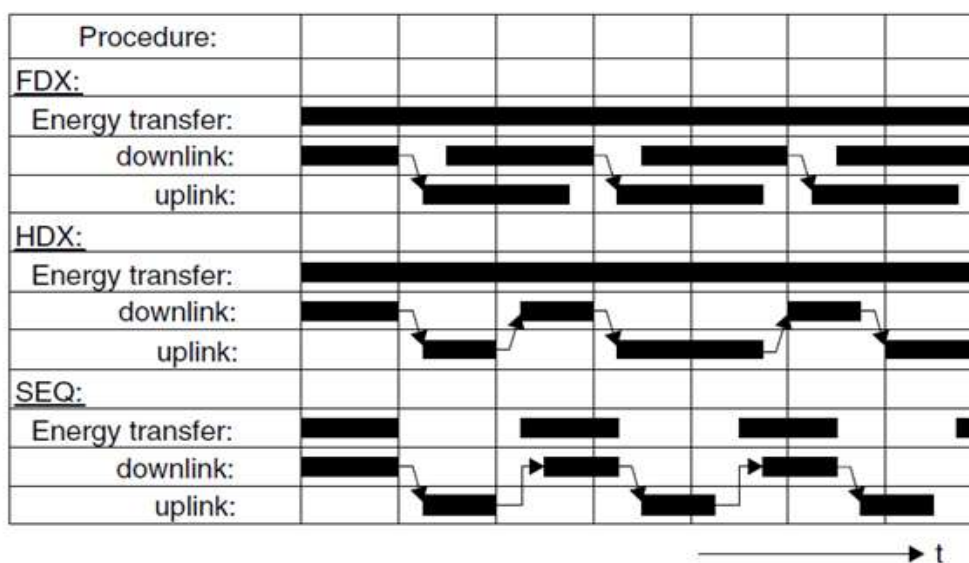


Figura 7: Modos de comunicación

Fuente: [article.sapub.org](http://article.sapub.org)

### II.2.3.4.3 Codificación y modulación.

Cuando hablamos de modulación nos estamos refiriendo a poder modificar alguna característica de una señal para transmitirla de acuerdo a nuestras necesidades, en RFID podemos observar el uso de tres tipos de modulación en la interfaz aérea EPCglobal UHF Gen2:

ASK: Amplitude Shift Keying (Modulación en Amplitud, Apagado Encendido)

FSK: Frequency Shift Keying (Modulación por Desviación de Frecuencia)

PSK: Phase Shift Keying (Modulación por Desviación de Fase)

Un sistema codificador de señal adecua la representación en forma de señal del mensaje que se quiere transmitir y la adecua a las características del canal de transmisión.

En los sistemas RFID, los signos binarios “1” y “0” pueden verse representados en una de las siguientes codificaciones: NRZ, Manchester, Unipolar RZ, DBP (“diferential bi-phase”), Miller o Codificación PulsoPausa (PPC).

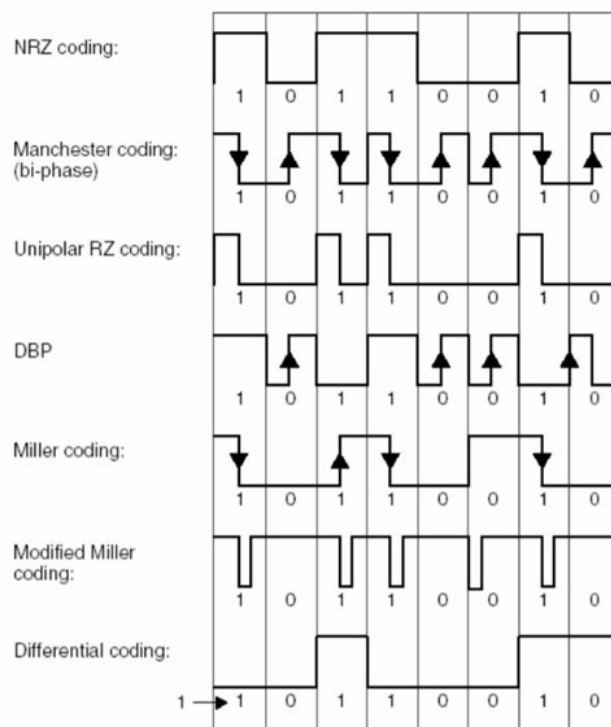


Figura 8: Representación gráfica de las principales codificaciones.

Fuente: ESTUDIO, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE RFID BASADO EN EPC. José María Ciudad Herrera  
Eduard Samà Casanovas

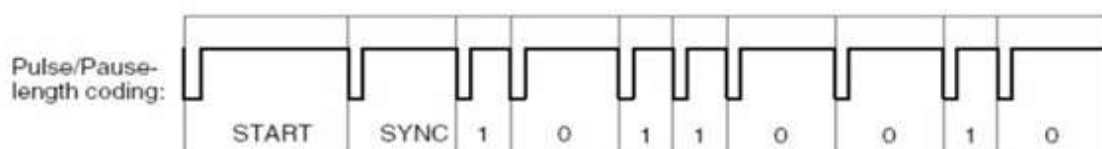


Figura 9: Posible transmisión de una señal usando PPC

Fuente: RFID Technologies Coding and Modulation. Alberto Toccafondi

#### **II.2.3.4.4 Acoplamiento**

El mecanismo de acoplamiento indica como el tag y el lector se relacionan e interactúan. La distancia de operación está íntimamente relacionada con el tipo de acoplamiento utilizado. Podemos distinguir entre acoplamiento electromagnético, inductivo, magnético y capacitivo o eléctrico.

#### **II.2.3.4.5 Anticolisión**

No podemos evitar encontrar en escenarios en los que se producen colisiones, entre lectores o entre tarjetas. En el caso que dos lectores interroguen simultáneamente a una etiqueta, y esta no pueda decodificar la solicitud, y en el caso de que dos tags se identifiquen simultáneamente, conlleva la más que probable no identificación de estos, lo que al final del proceso ocasiona el retardo del reconocimiento de las etiquetas y la sobrecarga del sistema.

Con los protocolos anticolisión tratamos de minimizar estos riesgos optimizando el sistema.

Podemos identificar anticolisión en etiquetas pasivas y activas.

En el caso de las etiquetas pasivas, (las más comunes, ya que no pueden comunicarse con sus etiquetas vecinas para saber el estado en el que se encuentran) los protocolos más utilizados son el ALOHA y el Árbol Binario. La idea es dividir un solo canal en ranuras de tiempo, que han de estar sincronizadas con los tags para que envíen su información en su ranura determinada. Toda la sincronización recae sobre el lector. [14]

En el caso de las etiquetas activas, el protocolo se basa más en un modo de espera, es decir, el lector envía una señal para avisar a las tarjetas que se encuentran en su rango de lectura, los tags pasarán a modo espera, después se procederá a la lectura de los tags por un tiempo determinado, cuando se reciba la respuesta de los tags, se extraerá la información y se le enviará mensaje para que entren en modo suspensión y que no respondan en el segundo intento de comunicación que hará el lector, así sucesivamente lo irá realizando el lector. Después de tres ciclos sin respuesta alguna, se inicia de nuevo todo el proceso.

También existe la comunicación entre las propias etiquetas activas, las cuales independientemente de identificarse entre ellas pueden reconocer el estado de la otra para no transmitir simultáneamente.

### II.2.3.5 Antenas

Las antenas de los lectores son las encargadas de habilitar la comunicación, entre la etiqueta y el lector. Resulta imprescindible elegir correctamente la antena, y eso normalmente dependerá en gran medida del área a abarcar para la detección de tags. Hemos de tener en cuenta por consiguiente, el tipo de antena, el ángulo de obertura y ganancia y el número de antenas que hemos de instalar para lecturas óptimas.[15][16]

También un factor importante a la hora de elegir las antenas, es seleccionar el rango de frecuencias apto para su uso.

La mayor parte de las antenas se engloban en alguna de las siguientes categorías:

- Antenas de puerta (uso ortogonal).
- Antenas polarizadas circularmente.
- Antenas polarizadas linealmente.
- Antenas omnidireccionales.
- Antenas de varilla.
- Dipolos o multipolos.
- Antenas adaptativas o de arrays.



Figura 10: Ejemplo de antenas RFID

Fuente: milesdata.com

### **II.2.3.6 Problemas con la intimidad y protección de datos**

En la época en la que estamos, el mundo tecnológico evoluciona con gran rapidez, sin embargo, el cambio de la legislación, la adopción de esta y la entrada en vigor no se produce al mismo ritmo. La tecnología RFID es una tecnología que está en crecimiento y ha de ser regulada para evitar los riesgos para la privacidad que se pueden derivar de su uso.

Los problemas a la intimidad y protección de datos de la tecnología RFID se podrían englobar en:

Accesos no permitidos a las etiquetas: Pudiendo exponer datos personales si los contuvieran.

Rastreo de las personas y/o de sus acciones, gustos, etc.: Se podría catalogar a una persona según sus gastos o preferencias si estos se producen a través de una etiqueta RFID por ejemplo de su tarjeta bancaria.

Uso de estos datos para análisis de comportamientos: Se pueden crear perfiles de consumidor con toda esta información, diseñando y orientando estrategias de marketing y publicidad de empresas sin su consentimiento.

Incluso en el caso de que no contuvieran datos personales, si esta etiqueta, sigue emitiendo la información cuando ha finalizado su propósito inicial, se le podría asociar a la misma o incluso accediendo a un sistema central para consultarla. [17]

Los usuarios, cuando perciben que no controlan a la tecnología, sino que por así decirlo, es la tecnología la que los controla a ellos, generan desconfianza sobre este elemento y su uso. Es por ello prioritario, la generación de medidas de seguridad, para evitar todos estos riesgos que hacen desconfiar al usuario, siendo un pilar básico en la evolución de la tecnología RFID. [18]

En el caso que nos atañe, siendo las etiquetas pulseras que emiten un mensaje el cual puede ser leído por la red de interrogadores del buque en la zona de pasaje, y teniendo claro que el objetivo se reduce a, en caso de una emergencia, búsqueda y rescate y control de multitudes, el sistema y los procedimientos a la hora de hacerlo funcionar y proteger a los usuarios ha de ser muy claro y preocuparse por la protección de todos los datos que puedan contener las etiquetas, ya que el usuario se las llevará consigo cuando desembarque.



Varias de estas medidas serían:

- Notificación y explicación de la tecnología RFID usada a bordo.

A partir del momento de reserva del billete se ha de informar al usuario de la utilización del sistema en pulsera, indicando bajo que supuestos se procederá a ejecutar la lectura de las tarjetas RFID, y la finalidad de estas.

El pasajero, ha de pasar por la oficina de taquilla para que se le grabe un mensaje en la pulsera, y poder acceder al buque. En este único mensaje se incluirán los datos de fecha y hora, junto con un número que se relacione con la base de datos de listados de pasaje para saber quién es, que edad tiene, si es PMR,..., base de datos que es consultable por el buque. De esta manera no se incluye ninguna información personal del pasajero tan solo un número de identificación.

- Notificar el uso de la tecnología RFID, mediante cartelería, para indicar de forma clara que está sometido a su uso en las diferentes zonas del buque.

Al igual que los circuitos CCTV del buque, los cuales realizan grabaciones de los accesos y zonas comunes, y que están debidamente comunicados al pasaje, se colocaría la cartelería adecuada en el buque junto con una explicación, que se puede incluir en el video de seguridad que se retransmite a la salida del buque de puerto.

El sistema se mantendrá inactivo mientras su uso no sea necesario, (desaparición de un pasajero, un menor, persona mayor,..., control de multitudes en caso de una emergencia, búsqueda y rescate en caso necesario,...) de esta manera no habrá señal del interrogador no generándose respuesta por parte de la etiqueta.

- Hacer saber a los usuarios del compromiso por parte de la empresa y persona/s designadas al efecto con respecto a la protección de todos los datos de carácter personal que estén introducidos en la tarjeta o que estén asociados a la información que contengan.

De la misma manera que se realiza en la actualidad, se procurará la protección de datos de los pasajeros con la máxima eficacia.

- Disponer de personal cualificado que les pueda resolver dudas al respecto.

Al ser una tecnología que genera desconfianza, y al ser de nueva aplicación en los buques, el personal ha de estar adiestrado en el funcionamiento del RFID y ha de ser capaz de resolver las dudas de los pasajeros al respecto.

-Dar la posibilidad de borrar al finalizar el cometido, de los datos contenidos en la etiqueta RFID.

Al desembarcar, los pasajeros, en los accesos a garaje o portalón, dispondrán de un borrador que elimine el mensaje que se escribió en un principio, tan solo acercando la pulsera.

-No ceder la información asociada a las etiquetas RFID a terceros, fuera de las excepciones establecidas en la ley.

-Realización de auditorías periódicas del sistema de RFID por parte de la administración o de una empresa de clasificación aprobada.

Centrándonos en la Ley de Protección de Datos modificada en 2018, que adapta el ordenamiento jurídico español a la normativa europea y garantiza los derechos fundamentales de la ciudadanía a la protección de los datos personales y la circulación de estos. (UE 2016/679, art. 18.4 de la Constitución), podríamos decir [19][20]:

#### *Artículo 5 Deber de confidencialidad*

Todas las personas que intervengan en cualquier punto del tratamiento de datos personales han de estar sujetas al deber de confidencialidad y se mantendrán aun cuando acabe la relación contractual con la naviera. Ésta dispondrá de los medios necesarios para garantizar la seguridad de los datos personales, evitar pérdida, tratamiento o acceso no autorizado.

#### *Artículo 6 Tratamiento basado en el consentimiento del afectado*

Se ha de constar con el consentimiento inequívoco del afectado para el tratamiento de los datos personales que le conciernen. En el caso de que una persona constara con un lector RFID y pudiera asociar la numeración de la etiqueta con los datos personales del afectado, estaría incurriendo en un delito en contra de esta ley.

La empresa dispondrá de medios para el borrado del mensaje de la pulsera, a disposición del pasajero, a su salida del buque.

Teniendo en cuenta que la etiqueta RFID, tan solo transmitirá, la fecha y hora, junto con un número de identificación, el cual solo se puede asociar mediante listado de pasaje a los usuarios, los cambios producidos para el tratamiento de los datos personales abordado tiene un mínimo impacto de cambio en la seguridad en la que se tratan y almacenan estos datos.

Por lo que se podría concluir que esta tecnología usada de esta manera es bastante fiable y segura para el usuario.

#### **II.2.4 La tecnología RFID y la salud**

En el informe AFSSET de 2009, el cuál evalúa el efecto de un sistema RFID en la salud humana indica que no causa efectos térmicos significativos y que no se diferencia de otras tecnologías inalámbricas existentes. La OMS indica que *“Hasta la fecha, el único efecto de los campos de RF en la salud que se ha señalado en los estudios científicos se refería al aumento de la temperatura corporal ( $> 1^{\circ}\text{C}$ ) por la exposición a una intensidad de campo muy elevada que sólo se produce en determinadas instalaciones industriales, como los calentadores de RF. Los niveles de exposición a RF de las estaciones de base y las redes inalámbricas son tan bajos que los aumentos de temperatura son insignificantes y no afectan a la salud de las personas.”*

ICNIRP (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection) es una comisión no gubernamental reconocida por la OMS, que ha definido en varias publicaciones los límites a las exposiciones de campos de RF. Trabajando conjuntamente con la OMS, utiliza evaluaciones de riesgo para recomendar los límites de exposición; estos límites intentan proteger contra cualquier efecto negativo sobre la salud y son desarrollados estudiando todo documento científico evaluados por pares junto con informes de cáncer y efectos no térmicos. [21][22]

Por citar un ejemplo, los niveles de radiofrecuencia de un radar en una zona accesible al público, están en torno a 1000 veces por debajo de los límites que recomienda la ICNIRP para una exposición pública continua y 25000 por debajo de los niveles que se consideran necesarios para producir los primeros efectos sobre la salud de los que somos conocedores.

En el caso de la tecnología RFID, si nos fijamos en las etiquetas, emiten con una potencia que oscila entre los 10 y los 200 mW, lo que corresponde a entre 200.000 y 10.000 veces la potencia de un teléfono móvil.

Para etiquetas pegadas al cuerpo o incluso implantadas en este, también se han realizado estudios, (véase artículos, Amendola et al. 2014, Manzari et al. 2012, Occhiuzzi y Marrocco, 2010 y Di Giampaolo et al. 2009) los cuales para la banda de UHF, nos muestran valores respecto a la dosimetría, tranquilizadores; un ejemplo de vigilancia de los parámetros clínicos de un paciente, emitiendo con una PIRE de 3,2 W y 1 interrogación por segundo, indica que los valores medidos no llegan a las restricciones máximas de 6 V/m para un campo eléctrico.[23]

Otros estudios, en este caso de simulación numérica (Zhou y Schneider, 2012) para las bandas de 850 MHz y 1900 MHz, teniendo en cuenta un ciclo de trabajo típico, refleja valores SAR por debajo de los valores establecidos, incluso si la persona pegara la cabeza al medidor.

La Agencia Australiana de Protección de Radiación y Seguridad Nuclear, (ARPANSA, Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, Australian Government), emite un informe en 2013 (Wijayasinghe y Karipidis) acerca de medidores de una red inteligente inalámbrica, de los que se concluye que a 50 cm de un medidor se produce una exposición 15.000 veces menor de los límites establecidos con una potencia de transmisión de 1W y en un promedio temporal de 6 minutos se respeta el 0,046% del límite público general.[24]

En general se puede decir que los campos que producen lectores y etiquetas de un sistema RFID usados en la actualidad derivan en unos riesgos poco más que inexistentes.

Con respecto al cáncer, existe una alerta ciudadana creada en torno a los elementos de emisión de campos electromagnéticos, sin embargo, desde el punto de vista geográfico según la OMS y otras diversidades entidades gubernamentales, la distribución del cáncer en torno, por ejemplo a antenas de telefonía, es totalmente aleatoria, pudiendo haber mayor cantidad en una zona que en otra, y con diversidad de tipos de cáncer diferentes que no compartan características.

En la actualidad y avalado por diversidad de estudios realizados en estos últimos 15 años, no existe ninguna prueba oficial, que vincule la exposición a campo RF con el

riesgo de aparición del cáncer, incluso sometiendo a los objetos de estudios a exposiciones muy superiores de los que se producen en las redes inalámbricas habituales. [25]

Como dato ilustrativo el nivel de referencia del Real Decreto 1066/2001 y de las Recomendaciones internacionales (UEOMS) es de  $450 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  para la frecuencia de 900 MHz (41 V/m), en la Comunidad de Madrid se realizaron 9.495 medidas, teniendo en cuenta todos los puntos de emisión de campos RF que se pueden detectar en una ciudad, desde televisiones, radios, teléfonos móviles,... en una ciudad como la capital de España, se produjo un Valor Promedio de  $0,31 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  y un valor máximo de  $32,31 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  por lo que se puede determinar que nos encontramos expuestos a niveles muy por debajo de los considerados seguros.

### II.2.5 Ensayos con tecnología RFID

Se ha desarrollado diversas pruebas para el desarrollo de un sistema de localización en tiempo real mediante tecnología RFID, en nuestro caso tomaremos como referencia origen, el estudio LANDMARK<sup>1</sup>, que establece un procedimiento de localización con tecnología RFID en un entorno con obstáculos y sin ellos, aumentando la precisión introduciendo tags fijos de referencia, para a la hora de aplicar el algoritmo de cálculo de la posición se reduzcan los márgenes de error. También nos fijaremos en el estudio de uso de tecnología RFID de localización en los ensayos realizados de localización en interiores<sup>2</sup> de superposición de anillos basados en RSSI.[26][27]

### II.2.6 Herramientas para la elaboración de procedimientos

Se tomará como referencia para la elaboración de este procedimiento el Código IGS (Código Internacional de Gestión de la Seguridad), centrándonos en el capítulo 7 “Elaboración de planes para las operaciones de a bordo”, y del Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS) el capítulo IX.

---

<sup>1</sup> LANDMARC: *Indoor Location Sensing Using Active RFID*

LIONEL M. NI AND YUNHAU LIU Department of Computer Science, Hong Kong University of Science and Technology, Clearwater Bay, Kowloon, Hong Kong, China & YIU CHO LAU and ABHISHEK P. PATIL Department of Computer Science and Engineering, Michigan State University, USA; 2004

<sup>2</sup> Técnicas de localización de nodos inalámbricos mediante redes de sensores. José de J RUGELES y Deiby LEON. Bogotá, 2013

## **II.2.6.1 Referencias y normas de aplicación**

### **II.2.6.1.1 Código Internacional de Gestión de la Seguridad Operacional del Buque y la Prevención de la Contaminación (código IGS)**

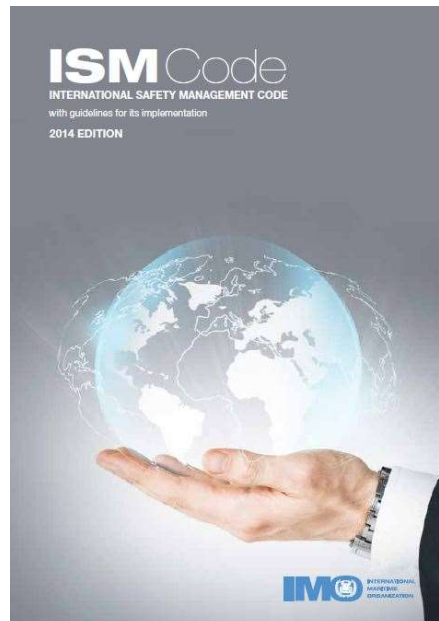


Figura 11: Ilustración Código ISM

Fuente: [omi.org](http://omi.org)

El código IGS o ISM en su versión inglesa (International Safety Management), se gestó a finales de la década de los 80, con la finalidad de establecer unas directrices para la gestión y operación de los buques como el nombre del propio código indica, en condiciones de seguridad y prevención de la contaminación.

El código insta a la compañía a establecer un sistema de gestión de la seguridad, que aspire a la consecución de los objetivos de seguridad y prevención que el propio código establece.

Aprobado por la OMI el 4 de noviembre de 1993 como Anexo a la Resolución A.741(18).

Con la entrada en vigor del capítulo IX (“Gestión de la Seguridad Operacional de los Buques”) de SOLAS del 1 de julio de 1998, se considera al código IGS de obligatorio cumplimiento.

Centrándonos en los artículos que nos atañen, podemos nombrar:

## 1.2 Objetivos:

*1.2.1 El Código internacional de gestión de la seguridad tiene por objeto garantizar la seguridad marítima y que se eviten tanto las lesiones personales o pérdidas de vidas humanas como los daños al medio ambiente, concretamente al medio marino, y a los bienes.*

*1.2.2 Los objetivos de la gestión de la seguridad de la compañía abarcarán, entre otras cosas:*

*1. Establecer prácticas de seguridad en las operaciones del buque y en el medio de trabajo; 2. Tomar precauciones contra todos los riesgos señalados, y 3. Mejorar continuamente los conocimientos prácticos del personal de tierra y de a bordo sobre gestión de la seguridad, así como el grado de preparación para hacer frente a situaciones de emergencia que afecten a la seguridad y al medio ambiente.*

Y en los capítulos 7, 8, 10 y 12 podemos encontrar:

*7. Elaboración de planes para las operaciones de a bordo La compañía adoptará procedimientos para la preparación de los planes e instrucciones aplicables a las operaciones más importantes que se efectúen a bordo en relación con la seguridad del buque y la prevención de la contaminación. Se delimitarán las distintas tareas que hayan de realizarse, confiándolas a personal competente.*

*8. Preparación para emergencias.*

*8.1 La compañía adoptará procedimientos para determinar y describir posibles situaciones de emergencia a bordo, así como para hacerles frente.*

*8.2 La compañía establecerá programas de ejercicios y prácticas que sirvan de preparación para actuar con urgencia.*

*10. Mantenimiento del buque y el equipo.*

*10.1 La compañía adoptará procedimientos para garantizar que el mantenimiento del buque se efectúa de conformidad con los reglamentos correspondientes y con las disposiciones complementarias que ella misma establezca.*

*10.2 En relación con lo que antecede, la compañía se asegurará de que:*

*1. Se efectúan inspecciones con la debida periodicidad; 2. Se notifican todos los casos de incumplimiento y, si se conocen, sus posibles causas; 3. Se toman medidas correctivas apropiadas, y 4. Se conservan sendos expedientes de esas actividades.*

*12. Verificación por la compañía, examen y evaluación.*

*12.1 La compañía efectuará auditorías internas para comprobar que las actividades relacionadas con la seguridad y la prevención de la contaminación se ajustan al SGS.*

El código se basa en una normativa general, es la compañía la responsable de establecer unas directrices específicas, este hecho se debe a lo propiamente dicho en el punto 4 del preámbulo, que cita, *“en vista de que nunca dos compañías navieras o propietarios de buques son idénticos y que éstos operan en condiciones muy diversas, el Código sólo establece principios y objetivos generales”*.

Se tomarán como referencia estos artículos anteriormente nombrados para el desarrollo del procedimiento que integre el funcionamiento del sistema RFID de localización de pasaje para el caso de desaparición de un pasajero abordo, así como listas de comprobación, de mantenimiento, ejercicios y plan de auditorías al respecto.

[28]



## II.2.6.1.2 Convenio SOLAS

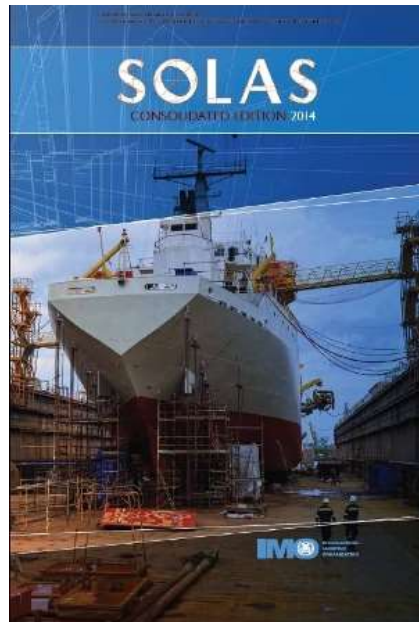


Figura 12: Ilustración Convenio SOLAS

Fuente: [omi.org](http://omi.org)

Nos referimos al capítulo IX del SOLAS, que contiene el propio código IGS y hacemos mención a la regla IX/3.1, que cita, “Prescripciones relativas a la gestión de la seguridad”: *“La compañía y el buque cumplirán las prescripciones del Código internacional de gestión de la seguridad. A los efectos de la presente regla, las prescripciones del Código serán tratadas como obligatorias.”* [29]

Este capítulo se encuentra estructurado de la siguiente manera:

Regla 1: Definiciones

Regla 2: Ámbito de aplicación

Regla 3: Prescripciones relativas a la gestión de la seguridad

Regla 4: Certificación

Regla 5: Mantenimiento de las condiciones

Regla 6: Verificación y supervisión.

### **III DISEÑO DEL SISTEMA RFID PARA LA LOCALIZACIÓN DE PASAJEROS.**

#### **III.1 El sistema.**

##### **III.1.1 Introducción.**

En la actualidad, los sistemas de localización e identificación tanto de objetos como de personas están en pleno auge y época de desarrollo. Nuestra realidad abre las puertas a un sinfín de posibilidades, desde el acceso a lugares sin necesidad de hacer colas para sacar entradas, o incluso la compra totalmente automatizada de ropa,... Cada día surgen nuevas formas de optimizar los recursos a nuestro alrededor, generalizándose la tecnología RFID, desde supermercados en los que no tienes que pasar por cajas, telepeajes, cadenas de montaje, gestión de equipajes en aeropuertos,...

Con el sistema RFID para la localización de pasajeros tanto en interiores como en cubiertas exteriores, trasladamos esa idea a la seguridad marítima, en un abanico de situaciones, que en mayor o menor medida se producen a bordo de un buque de pasaje.

Se plantea todo un desafío, establecer la instalación necesaria para que el sistema sea viable, sin embargo situaciones tan comunes como la localización de un niño perdido o la localización de un pasajero que en medio de la noche denuncia un familiar que no encuentra, se podrán gestionar de una manera rápida y eficaz, evitando llegar a extremos de tener que activar el protocolo de hombre al agua.

En las otras hipótesis de partida, y muchas más que no se plantean en este trabajo, pero que son totalmente plausibles, se podrían optimizar los recursos existentes, minimizando el tiempo de reacción y posibles errores, que aunque no nos guste aceptarlo, conlleva en ocasiones el factor humano.

El objetivo de este estudio, es el de proporcionar un sistema eficiente junto con el procedimiento adecuado para proporcionar acciones concretas y procesos de actuación ante la desaparición de un pasajero y la no localización por parte del personal de pasaje que se encuentre de guardia, estableciendo la situación previa que ha de producirse para la adopción de este procedimiento.

Es indispensable que se produzca una buena coordinación entre las oficinas de tierra y el buque, ya que los pasajeros han de venir para el embarque con la pulsera ya programada con su número de identificación.

### **III.1.2 Beneficios.**

Navegando en una travesía nocturna, un pasajero se acerca a recepción e indica que no encuentra a su hermano, explicando que lo ha estado buscando por el barco sin éxito, por las diferentes cubiertas. El auxiliar de pasaje avisa a su supervisor de noche que atiende al pasajero.

Es una situación bastante normal que suceda en un barco, con todo el pasaje durmiendo, y con las tripulaciones reducidas al mínimo operativo, se encuentra al pasajero, pero no sin perder un tiempo vital, en el caso de una caída al mar.

Incluso al no estar reflejada esa incidencia en el manual de gestión de la seguridad, y no existir un protocolo de actuación, cada tripulante reacciona según la política del barco en el que este destinado.

Con la instauración de este sistema y el desarrollo del procedimiento, se conseguirá una reacción rápida ante una situación, que de no solucionarse se puede volver una emergencia, que obligaría a desplegar todas las medidas disponibles por parte del buque, como puede ser desde mensajes de megafonía general, organización de patrullas de búsqueda, incluso la notificación a las autoridades y maniobras de búsqueda y rescate marítimas.

Tras la activación del sistema, los tags responderán a la señal de los interrogadores, enviando su identificador único, combinándolo, con la base de datos del buque, y una serie de cálculos que realizará el sistema, se determinará el lugar aproximado en el que se encuentra la etiqueta correspondiente al pasajero buscado. De esta manera se podrá derivar a la persona adecuada para la localización del pasajero.

Los beneficios del uso de la tecnología RFID destinada a la localización de pasajeros, se reflejarán en optimización de recursos, gestión eficaz de la incidencia, anticipación a necesidades y por supuesto una mejor reputación empresarial y beneficios para los pasajeros, al ocasionarles menos disturbios a lo largo de su estancia a bordo.

### III.1.3 Elección del sistema.

Para el desarrollo teórico del sistema, elegiremos los componentes de éste en base a su rendimiento y características. Se buscan las condiciones óptimas para abordar un entorno hostil como es el de un buque con una estructura de acero.

Partimos de la elección de frecuencia, tipo de tecnología (activa o pasiva), tipo de tag, antena y lector, sin olvidar las técnicas de procesamiento de datos para la localización en tiempo real.

Frecuencia elegida UHF de 860 a 960 MHz. Nos proporciona una mayor distancia de lectura y transferencia de datos. En la actualidad es la banda en la cual se está centrando el desarrollo de tecnología RFID. Posee una buena penetración ante materiales conductores y no conductores, aunque no en líquidos.

Usaremos un tag de tecnología activa, con batería de larga durabilidad (en la actualidad más de 10 años), con transmisor propio, lo que relaja el requisito de potencia de los lectores. Con un chip "Alien H3", con capacidad de almacenaje de 512 bits, con capacidad de lectura y escritura, por lo que podrá cambiarse el código cuando se vuelva a embarcar. El alcance de lectura es de 15 metros, con una velocidad de transmisión alta y capacidad de comunicación con otros tags.

Se trata de una tag "TOTAL" (tag-only-talks-after-listening), por lo que se mantiene en reposo hasta que recibe una señal de un lector, momento en el que responde usando su propia energía.

La presentación es en pulsera de silicona hipoalergénica, impermeable y de diferentes tamaños, con la posibilidad de impresión de un logotipo.



Figura 13: Pulseras RFID activas de silicona

Fuente: <http://www.primeplasticcards.co.uk>

El lector será fijo y de uso universal, en nuestro ensayo trabajará en el rango de frecuencias UHF, de 860 a 960 MHz, aunque podrá ser usado en otros rangos y adaptarse a normativa de otros países.

Se trata de un lector de sistema modular IP67: BL67<sup>3</sup> (se pueden ir integrando módulos para aumentar su capacidad) con posibilidades de conectar hasta 20 antenas. Con posibilidad de lectura de hasta 900 tag por segundo, y que usará protocolos anticolidión y lectura simultánea.

Con respecto a la antena, seguirá el camino de sus otros elementos del sistema, trabajando en el mismo rango de frecuencias. El modelo elegido es el IANT217 (Electronics Ltd.) Antena omnidireccional y polarizada circularmente con rango de lectura de 15 metros.

En un plano tridimensional, la irradiación de una antena omnidireccional es uniforme en todas las direcciones. Se utiliza se requiere cobertura en todas direcciones. Su patrón de radiación es parecida a una rosquilla sin agujero.

La polarización circular también es usada cuando se desconoce la localización de los tags. Si pudiéramos congelar la onda, podríamos observar como describe una hélice a lo largo de la dirección en la que se propaga. [16]

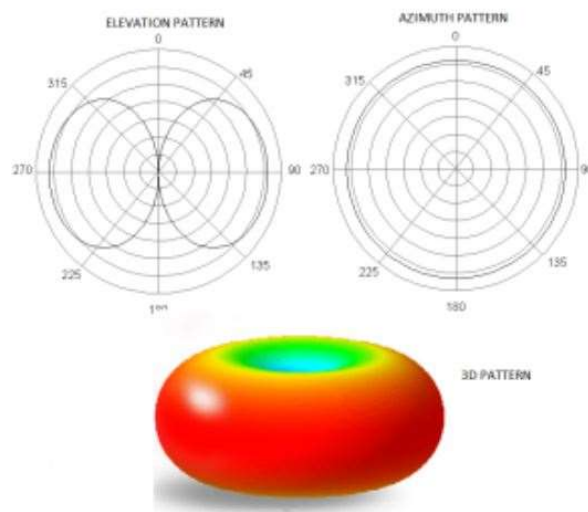


Figura 14: Irradiación antena omnidireccional

Fuente: mpantenna.com

<sup>3</sup> <http://www.elion.es/tecnologias/rfid/index.html>

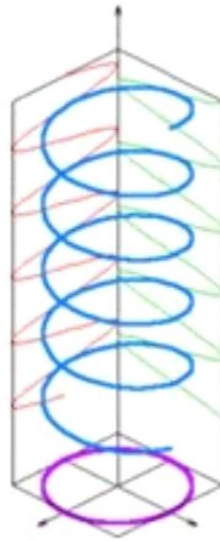


Figura 15: Representación gráfica de la propagación de onda en caso de una polarización circular.

Fuente: scienceblogs.de

Para el cálculo de la posición, distribuiremos tags fijos de control por todas las cubiertas, los cuales crearán un mapa que podremos almacenar en una base de datos teniendo los niveles de RSSI (fuerza de señal recibida) de unos tags estáticos que se relacionan con los tags que tratamos de localizar.

Es la dinámica realizada en el estudio LANDMARC, en el que junto con una serie de algoritmos que tienen en cuenta los niveles de RSSI de los tags activos no de control, en relación a los de control para crear una aproximación del posicionamiento del tag.

La RSSI dependerá de la distancia del tag, ya que es la fuerza de señal recibida por el lector como respuesta por parte de la etiqueta. Se puede calcular sabiendo el rango de emisión del tag, y junto con la extrapolación a otras etiquetas de control que hemos distribuido por el barco.

Los sistemas de posicionamiento en base a la RSSI, pueden dar valores erróneos, si la señal ha sufrido pérdidas de trayectos debido a las características físicas del entorno. [26][27]

En nuestro escenario, se ha establecido el reconocimiento en cualquier lugar de las cubiertas de pasaje por cuatro antenas, y en su mayoría de localizaciones con una visión sin obstáculos entre antena y tag, de esta manera se reducirán las posibilidades de error. Aun así, se estima un error aproximado de aproximadamente un metro.

A través de la herramienta de análisis, podríamos seleccionar el/los tags que se tratan de localizar. Sabiendo la potencia con la que emiten, se puede calcular la RSSI recibida por el lector/es a través de las diferentes antenas que existen a su alrededor, con esa lectura se pueden calcular los radios con respecto a la fuerza de la señal recibida, trazando un anillo por cada uno de los radios, la superposición de los anillos basados en RSSI nos proporciona un área en la que supuestamente ha de encontrarse nuestra etiqueta.

Cuantas más lecturas de RSSI distintas de un tag, mayor precisión para la localización, aunque también es recomendable utilizar un método de refinamiento para reducir aún más la zona acotada.

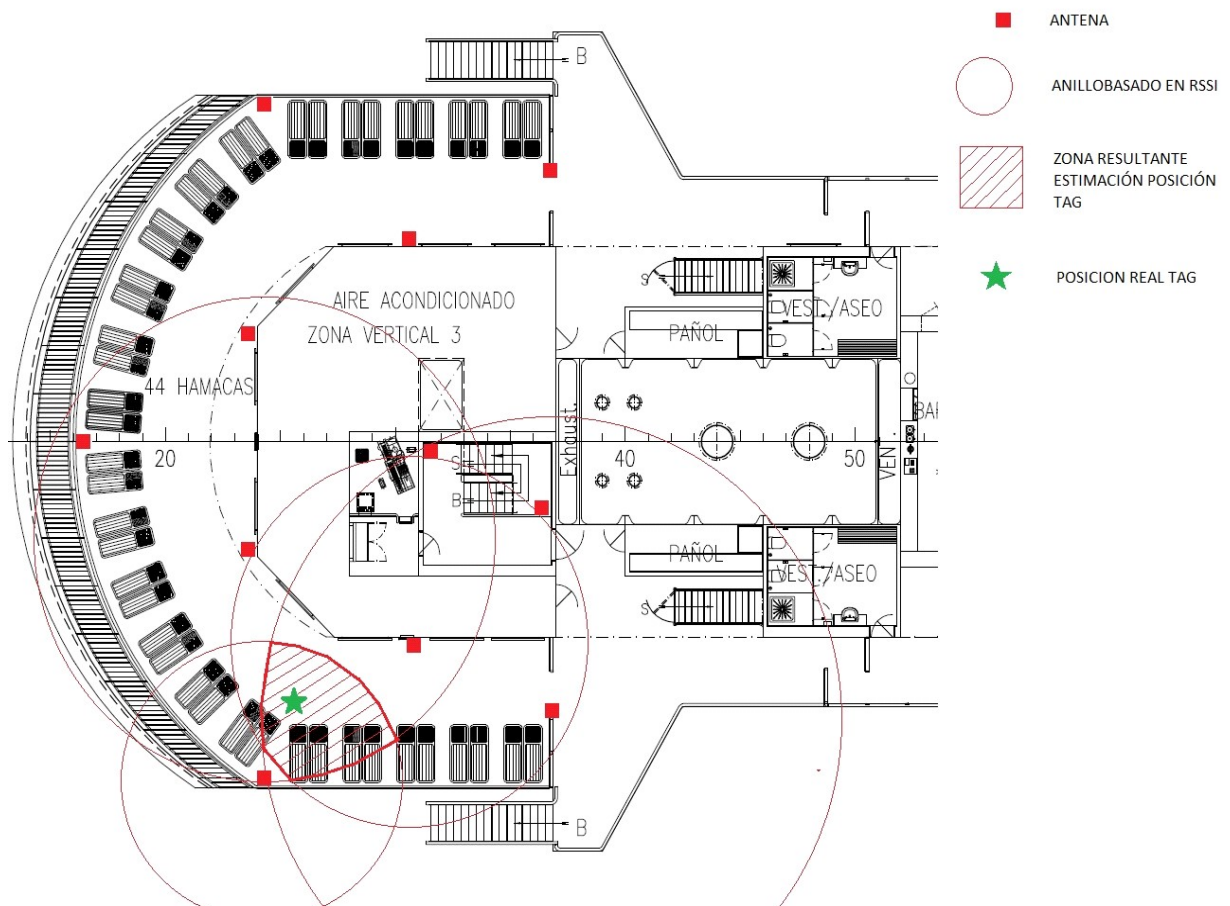


Figura 16: Escenificación de localización de tag mediante técnica de superposición de anillos.

Fuente: Elaboración propia sobre planos originales de buque ro-pax.

Los métodos de refinamiento más comunes suelen ser:

Método de refinamiento	
Máxima Probabilidad o Verisimilitud	Centroide
Mínimos cuadrados	DV-hop
Vecinos más cercanos	Filtro de Kalman
Escalamiento multi dimensional	Cramer Rao
Redes neuronales	Montecarlo
Algoritmos bio-inspirados	

[27]

#### III.1.4 Distribución de antenas en un buque roro-pax y radios de lectura.

A continuación se representa la distribución de antenas en un buque de pasaje para que cualquier tag se pueda detectar por cuatro de ellas en cualquier zona de pasaje.



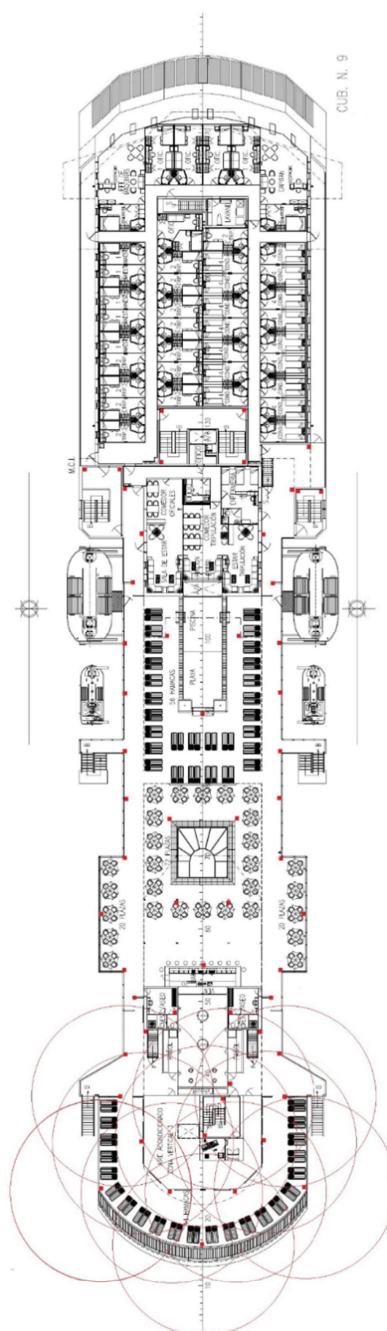


Figura 17: Ejemplo de distribución de antenas en buque de pasaje y cobertura de las mismas en cubierta 9.

Fuente: Elaboración propia sobre planos originales de buque ro-pax.

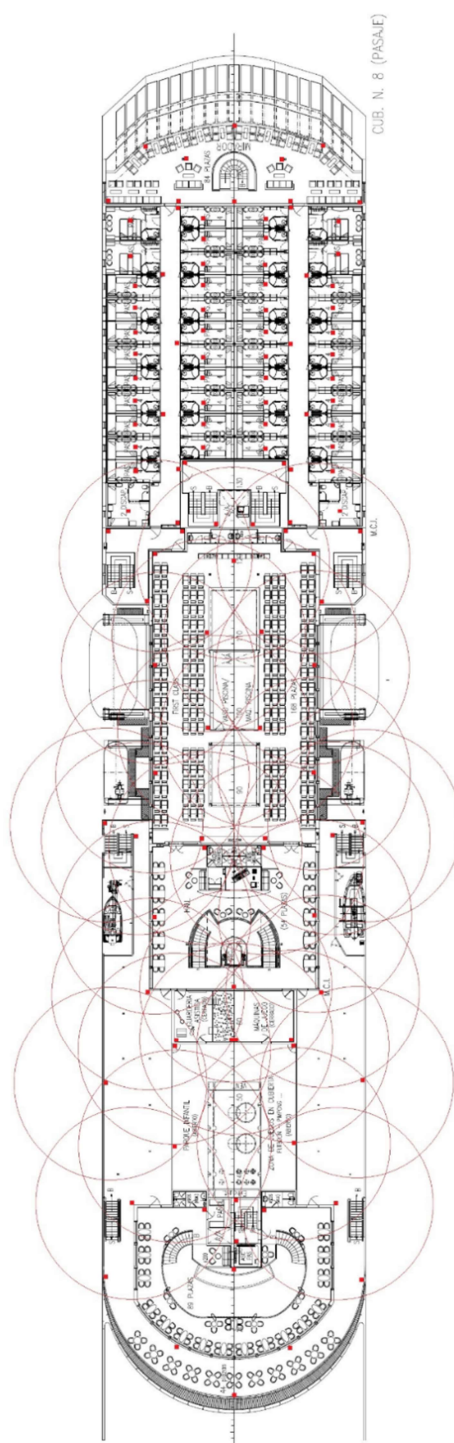


Figura 18: Ejemplo de distribución de antenas en buque de pasaje y cobertura de las mismas en cubierta 8.

Fuente: Elaboración propia sobre planos originales de buque ro-pax.

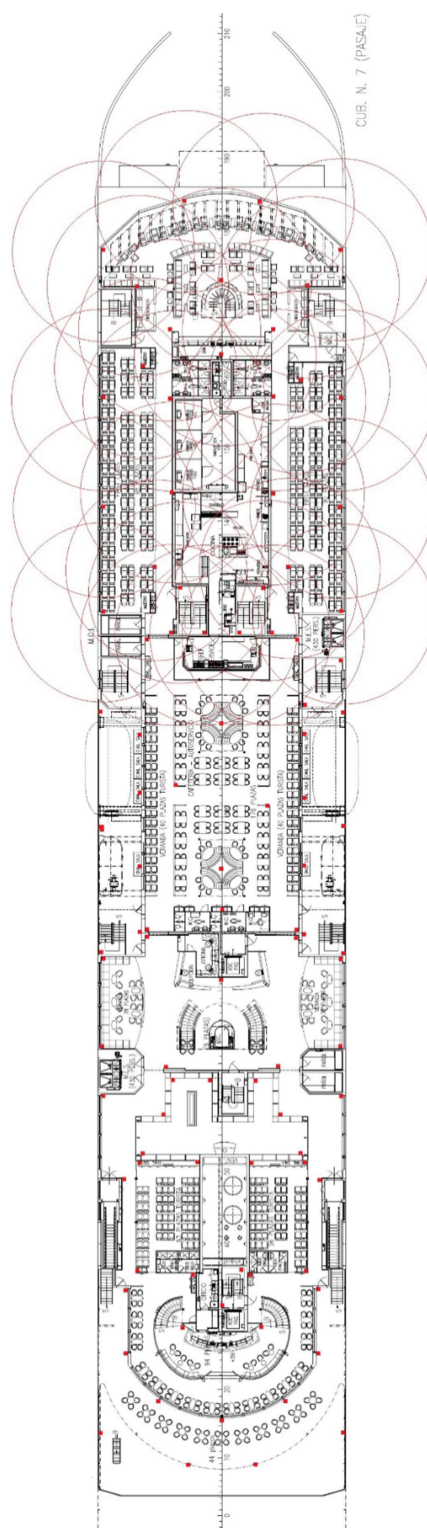


Figura 19: Ejemplo de distribución de antenas en buque de pasaje y cobertura de las mismas en cubierta 7.

Fuente: Elaboración propia sobre planos originales de buque ro-pax.

## **IV DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL USO DEL SISTEMA RFID.**

Se procede a la elaboración de un procedimiento ISM, para la localización de pasajeros en tiempo real, integrable en un MGS, siguiendo las pautas de las herramientas antes nombradas.

### **IV.1 Ejemplo descriptivo general del procedimiento de localización de pasajeros.**

Navegando en travesía nocturna, en un roro-pax desde Barcelona a Alcudia, en mitad de la travesía 02:00, un pasajero acude a recepción y se dirige al auxiliar de pasaje para comunicarle que es incapaz de localizar a su hermano, y que esa incertidumbre le está poniendo muy nervioso.

Ha tratado de localizarlo revisando las cubiertas de pasaje, pero no le ha sido posible encontrarlo.

El auxiliar de pasaje, le hace una serie de preguntas con respecto a su hermano. Nombre, edad, nacionalidad, si viaja con alguna otra persona, si su hermano tiene alguna minusvalía, que acomodación tiene, si tiene algún tipo de necesidad especial y cualquier dato relevante.

Tras las respuestas, apunta los datos en la hoja de registro de incidencias, y procede a contactar con su supervisor de noche, junto con el que procede a dar un mensaje por megafonía en zonas comunes de pasaje, solicitando que el pasajero se dirija a recepción.

Al no haber reacción ante el aviso, se pone en contacto con el oficial de guardia en el puente.

El oficial, envía al marinero de guardia para que junto a los tripulantes de servicios a bordo, revisen las zonas de pasaje del buque. También apunta hora, posición gps del buque y datos del desaparecido.

Al resultar infructuoso, se procede a avisar al capitán y realizar llamada por megafonía general del buque.

Si tras estos avisos no se produce la aparición del pasajero, se activa el sistema de detección de pasajeros, localizando la pulsera en un salón de butacas de la zona de primera clase, estribor.

La patrulla es dirigida a la zona y localizan al hermano del denunciante, durmiendo en una butaca, tapado con una manta y con los auriculares puestos.

## **IV.2 Condiciones necesarias para la activación del sistema RFID.**

Las condiciones previas imprescindibles para que se inicie el procedimiento han de ser:

- Acuerdo de la aceptación de condiciones de uso del sistema de localización de pasaje, existente en cláusula del contrato de transporte aceptado previamente por el cliente.
- Recalcar que la seguridad del buque y la autoridad del capitán no se verá alterada con la implantación de este procedimiento.
- Sospecha de la desaparición de un pasajero.
- Destacar que la activación del sistema es una medida complementaria a los métodos actuales reflejados en el MGS.

Para la activación del sistema se han de dar una serie de condiciones tales como:

- Denuncia de una desaparición de pasajero: Debe de existir una denuncia previa de alguna persona que informe de la desaparición de un pasajero, o la certeza de la desaparición de este por parte de la tripulación, (un ejemplo de esta última condición, puede ser la desaparición de un menor de la zona de guardería, o zona juvenil, sin que el cuidador/tripulante lo detecte). El personal de servicios a bordo, encargado de gestionar la incidencia, deberá de tomar nota de los datos este pasajero, la hora en la que se le ha comunicado, junto con los datos del denunciante y cualquier otra información pertinente.
- Avisos por megafonía en zonas comunes de pasaje: La inmensa mayoría de las incidencias suelen solucionarse al dar megafonía en las zonas de butacas, salones, cubiertas exteriores,..., zonas comunes propiamente dichas. El tipo de mensaje, repeticiones y franja de tiempo, vendrá determinado en el manual de servicios de abordaje (Manual SAB).

- Aviso al oficial de guardia: Cuando tras avisos reiterados por megafonía, no se localiza al pasajero, antes de iniciar ninguna acción complementaria hay que avisar al oficial de guardia, el cual indicará las medidas que han de ser adoptadas. Coordinará una búsqueda conjunta de SAB y puente (marinero de guardia). El oficial de guardia, anotará en el cuaderno de incidencias los datos del pasajero, la hora de la incidencia, la posición del buque y cualquier otro dato pertinente que considere.
- Búsqueda conjunta puente/SAB: Normalmente personal de servicios a bordo, junto con el marinero de guardia, revisarán las cubiertas de pasaje una a una en coordinación y comunicación con el puente. En el caso de no localizar al pasajero, el marinero de guardia revisará también zonas restringidas en las que exista duda de que pueda haber accedido sin autorización, como el garaje, zonas de mascotas,...
- Aviso al capitán: El capitán, tras no localizar al pasajero será informado de la incidencia.
- Aviso por megafonía general del buque: Se realizarán dos avisos por megafonía general del buque que abarcarán todas las zonas tanto de pasaje como tripulación. El tiempo entre los mensajes no superará los cinco minutos.
- Activación del sistema. Tras todo el procedimiento y antes de declarar una emergencia a bordo, se inicia el sistema para poder localizar la ubicación del tag de la pulsera del pasajero buscado.

Las condiciones para la activación del sistema, pueden verse alteradas, según el criterio del Capitán u oficial de guardia, pudiendo acelerar el proceso por ejemplo, al ser un menor, una persona con una deficiencia, incluso si se encuentra el buque en medio de un temporal, criterios que quedarán registrados en el propio procedimiento, en el apartado observaciones.

## **IV.3 El procedimiento**

### **IV.3.1 Objetivos y ámbito de aplicación.**

Definir y establecer el método para lograr una respuesta rápida y eficaz ante una situación de desaparición de un pasajero, de forma que se garantice la seguridad de los pasajeros manteniendo sus derechos a la intimidad intactos.

Establecer un método para que el personal que desarrolla su labor a bordo lo haga de manera adecuada. La acertada solución ante situaciones que puedan producirse a bordo exige la colaboración y comunicación entre el mando del buque, los oficiales y los subalternos, ya que el éxito de las operaciones puede depender de la correcta actuación de toda la tripulación, para lo que es imprescindible que todos tengan práctica en la realización de sus obligaciones y deberes en cada situación.

Este procedimiento es aplicable a cualquier buque de la compañía que se encuentre en la situación descrita por este procedimiento. Las personas responsables de la compañía en tierra y a bordo actuarán conforme a lo aquí establecido.

Es un procedimiento que afecta a toda la flota.

### **IV.3.2 Referencias y normas aplicables.**

- El MGS, capítulo X.
- Código ISM, punto 7.
- Manual de servicios a bordo.

### **IV.3.3 Definiciones y abreviaturas.**

Sistema localización en tiempo real (RTLS): Sistema que permite la localización física de una persona mediante la ubicación de una pulsera localizadora que porta, junto con su identificación.

Procedimiento de localización de pasajero RFID: Procedimiento mediante el que se activa el sistema de localización en tiempo real basado en RFID del buque.

Registro de incidencia: Registro de acontecimientos e incidentes varios en la zona de pasaje, que se encuentra incluido en el manual de gestión de servicios a bordo y está a disposición de la tripulación en recepción.

Capitán: Según el art. 171 de la Ley de Navegación Marítima “*Desde que sea designado como tal, el capitán ostenta el mando y la dirección del buque, así como la jefatura de su dotación y representa a bordo la autoridad pública*”. [30]

Oficial de guardia: Oficial de puente designado para cubrir la franja horaria correspondiente a una guardia.

Marinero de guardia: Marinero designado para cubrir la franja horaria correspondiente a una guardia.

Supervisor de servicios a bordo: Superior inmediato de personal subalterno de servicios a bordo.

Auxiliar de servicios a bordo: Personal de la tripulación designado por la compañía para la atención al pasaje.

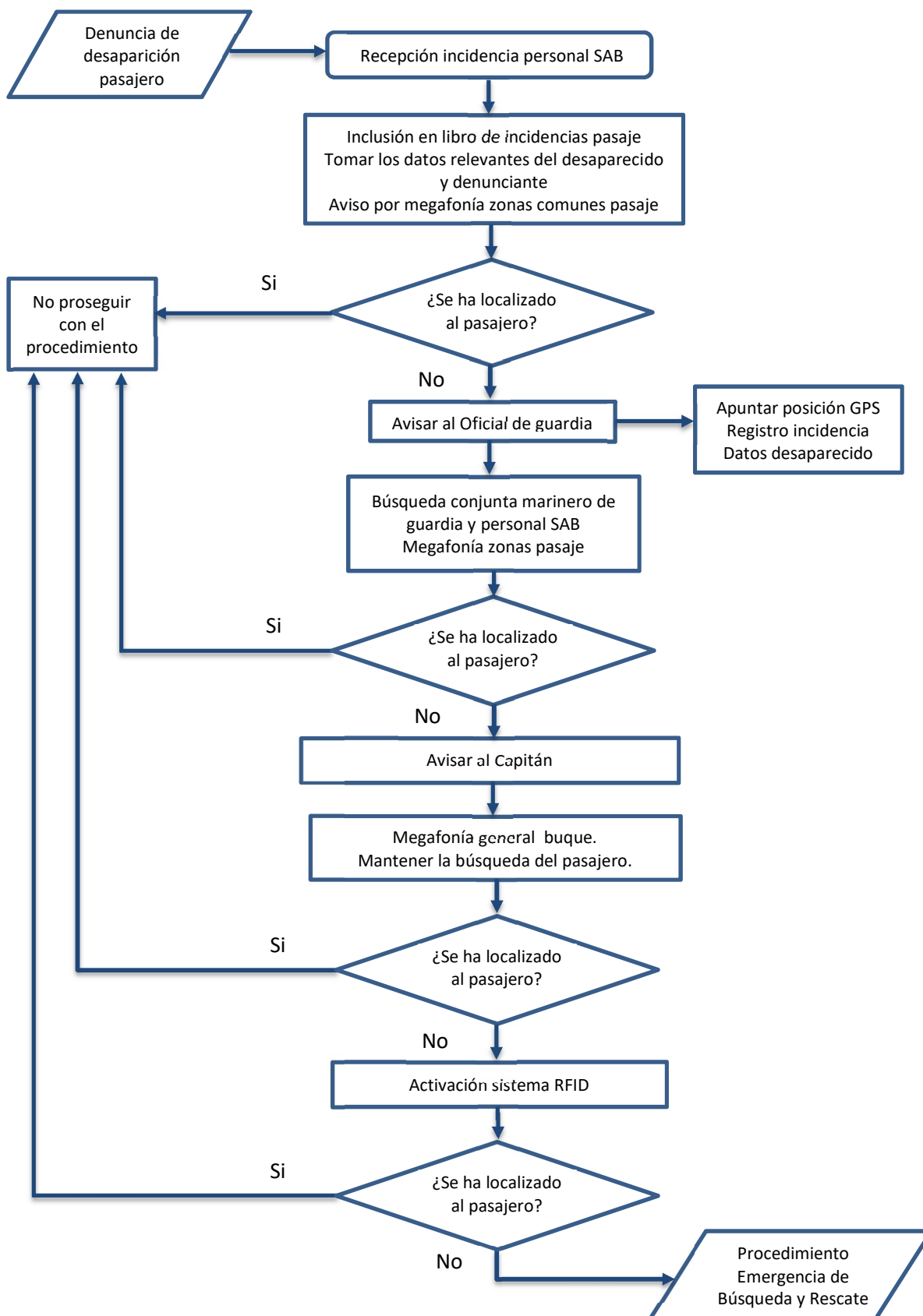
Patrulla: Equipo de tripulación designado y organizado para una tarea determinada.

Zonas comunes de pasaje: Toda zona del buque de libre acceso a todo el pasaje, como salones, cubiertas exteriores, zona de bares,...

Megafonía general del buque: Megafonía que abarca todas las instancias del buque, incluyendo zonas de pasaje, tripulación y restringidas.



#### IV.3.4 Flujograma.



#### IV.3.5 Responsabilidades.

El primer responsable del cumplimiento de los procedimientos a bordo es la alta dirección de la compañía, que dará instrucciones a las siguientes personas encargadas de que se cumplan las instrucciones y procedimientos ahí establecidos:

- El capitán del buque, como responsable de la organización y cumplimiento de las obligaciones contenidas en el MGS a bordo, será responsable velando por que los trabajos designados se realicen según la planificación y el registro exigido y de que se notifiquen y reporten los incidentes y accidentes.

Sin perjuicio de lo contenido en este Procedimiento o en cualquier otra parte del Sistema de Gestión de la Compañía, el Capitán tiene absoluta autoridad para emitir órdenes y tomar las medidas que considere necesarias para la preservación de la vida, la seguridad del buque o la prevención de la contaminación y el medio ambiente. También puede solicitar la asistencia de la Compañía en cualquier momento que sea necesario.

- El Oficial de Guardia, es responsable de conocer y comprender los procedimientos operativos del MGS, iniciándolos en caso de necesidad.
- Los jefes de departamento, como responsables y supervisores de la operativa propia del buque según las responsabilidades propias de su departamento, velarán porque dichas actividades se realicen según la planificación y el registro exigido.
- Auxiliar de servicios de a bordo, como común primer contacto con el pasaje ante una situación como la que acontece, ha de saber atender al pasajero que denuncia, e iniciar el proceso.

#### **IV.3.6 Descripción de actividad.**

Tras la denuncia de la desaparición de un pasajero, el tripulante ha de iniciar el procedimiento, o contactar con la persona adecuada para iniciarlo.

El personal de servicios a bordo tomará nota de todos los datos necesarios para cumplimentar el registro de incidencias, siguiendo los pasos que en el propio registro se indican y añadiendo en la casilla de observaciones toda la información que no se encuentre reflejado en la lista de comprobación.

Se realizarán los avisos de megafonía pertinentes en las zonas comunes de pasaje.

El auxiliar de pasaje o su supervisor, avisará al oficial de guardia en caso de que no se localizara al pasajero.

El oficial de guardia ha de recopilar toda la información necesaria junto con la posición GPS, coordinará una búsqueda conjunta con personal de servicios a bordo y marinero de guardia.

El marinero de guardia revisará también las zonas de acceso restringido del buque en caso de no encontrar al pasajero desaparecido.

El oficial de guardia, avisará al Capitán, informando de la incidencia.

Se realizarán, tras autorización del Capitán avisos por megafonía general del buque, abarcando toda las zonas del barco, tanto de pasaje, tripulación como restringidas.

Por último, si fuera necesario, se activará el sistema RFID de localización de pasajeros.

En el caso de no haber resultado exitoso, se procederá al inicio del procedimiento de emergencia “Búsqueda y Rescate”.

Este procedimiento finaliza tras la aparición del pasajero, o tras el inicio del PE “Búsqueda y Rescate”

**IV.3.7 Documentos de registro de incidencias.**

**FORMATO REGISTRO DE INCIDENCIAS**

REGISTRO DE INCIDENCIAS	
<u>BUQUE:</u>	<u>DEPARTAMENTO:</u>
<u>Nº INCIDENCIA:</u>	<u>FECHA/HORA:</u>
<u>PERSONA QUE COMUNICA LA INCIDENCIA:</u>	<u>PERSONA QUE RECIBE LA INCIDENCIA:</u>
<u>TIPO DE INCIDENCIA:</u>	
<u>DESCRIPCIÓN:</u>	
<u>MEDIDAS ADOPTADAS:</u>	
<u>OBSERVACIONES:</u>	

## LISTA DE COMPROBACIÓN PARA REGISTRO DE INCIDENCIA DESAPARICIÓN PASAJERO

<b>Datos denunciante:</b>	
Nombre y apellidos	
DNI/Pasaporte	
Hora de denuncia	
Vinculo desaparecido	
Última localización	
Hora de la última localización	
Fotografía del desaparecido	
<b>Datos desaparecido:</b>	
Nombre y apellidos	
Edad	
Sexo	
Nacionalidad	
Idioma	
Descripción física	
Ropa	
Minusvalía	
Acomodación	
Acompañantes, amigos.	
Tratamiento médico	
Otros	

#### **IV.3.8 Mantenimiento y auditorías.**

##### **IV.3.8.1 Auditorías.**

El plan de auditorías será interno, por parte de la empresa, semestral y externo mediante empresa autorizada con una periodicidad anual, salvo recomendación de fabricante.

##### **IV.3.8.2 Plan de mantenimiento.**

Se establecerá un plan de mantenimiento según fabricante.

#### IV.3.8.3 Documentos de registro de auditoría y mantenimiento.

### INFORME DE AUDITORÍA

Referencia/Número de auditoría:

Fecha de la auditoría/inspección:

Fecha del informe:

<b>Departamento / Buque:</b>
<b>Temas / Procedimientos examinados:</b>
<b>Auditor:</b>  <b>Otros participantes:</b>
<b>Objetivo de la auditoría:</b>
<b>Observaciones:</b>
<b>Comentarios Capitán / Jefe de máquinas:</b>

Firma Auditor

Firma Capitán

## MODELO DE HOJA DE REGISTRO Y MANTENIMIENTO

Datos del equipo:

<b>Designación del equipo:</b>	
<b>Tipo:</b>	<b>Fabricante:</b>
<b>Naviera:</b>	<b>Operador:</b>
<b>Adquirido en:</b>	<b>Fabricado en:</b>
<b>Datos específicos del equipo:</b>	
<b>Accesorios:</b>	
<b>Modificaciones/Reparaciones:</b>	<b>Fecha:</b>



**Comprobaciones durante las inspecciones regulares.**


**ANOTACIONES FECHAS CORRESPONDIENTES CUADRO  
MANTENIMIENTO/REGISTRO**

<p><b>Se anotara en el siguiente formato: dd.mm.aa/firma/nombre/cargo</b></p> <p><b>Ej: 16.11.19 / ANM / Antonio / 1er Oficial</b></p>

## V CONCLUSIONES

Tras el desarrollo del sistema y la revisión del procedimiento podemos concluir que, con respecto al sistema RFID:

- 1.- Es un sistema de localización en tiempo real en interiores y exteriores efectivo.
- 2.- Es un sistema que proporciona un complemento a las búsquedas tradicionales, aumentando la fiabilidad y exactitud al tiempo que reduce los tiempos de respuesta en la mayoría de los casos.
- 3.- Es un sistema que no produce ningún riesgo para la salud y que no vulnera los derechos de privacidad del pasaje.
- 4.- Es un sistema que proporciona un aumento en la seguridad del pasaje, incrementándose sustancialmente en los grupos más vulnerables, (menores, personas mayores, PMR, personas con minusvalías psíquicas,...) ya que permite una reacción adecuada a las necesidades del individuo si fuera necesario. También se generará como consecuencia subsidiaria, una mayor tranquilidad y seguridad en los acompañantes.
- 5.- Se puede considerar un punto de partida para el desarrollo de tecnología aplicada a minimizar riesgos para la seguridad del buque; riesgos como las hipótesis de partida de este trabajo, como muchos otros.

Con respecto al procedimiento:

- 6.- Se trata de un proceso eficaz a la hora de gestionar la desaparición de un pasajero.
- 7.- Respeta los derechos de los pasajeros, al no proceder al arranque del sistema hasta no ser imprescindible.
- 8.- Es un proceso que implica la aceptación por parte del usuario, mediante cláusula en el contrato de transporte (billete).
- 9.- Es un proceso que establece claramente las pautas que ha de seguir la tripulación para optimizar los recursos en caso de desaparición de pasajeros.
- 10.- Este procedimiento es un procedimiento dinámico, que se puede ver alterado, por decisión del Capitán u oficial responsable en caso de ser necesario.

## REFERENCIAS

---

- [1] Doc. 9849 OACI “Manual sobre el Sistema Mundial de Navegación por Satélites (GNSS)”. Primera Edición 2005.
- [2] [www.gps.gov](http://www.gps.gov) (Consulta 03 Junio 2019)
- [3] Posicionamiento 2D5 en interiores mediante comunicaciones RF. Arcones, S. F. (2012) Universidad de Alcalá
- [4] Estudio De La Tecnología Rfid Y Desarrollo De Una Aplicación Para La Localización De Personas Roberto Cristina Fernández, Julio 2009, Universidad Carlos III, Madrid
- [5] Shrouds of Time, The history of RFID, Dr. Jeremy Landt, AIM Publication, Pittsburgh. 2001
- [6] RFID: La Identificación por Radiofrecuencia como futuro de la identificación de objetos. José Iván San José, José Manuel Pastor y Andrés García. 2012
- [7] Identificación por Radiofrecuencia: Fundamentos y Aplicaciones. Dante I. Tapia, José R. Cueli, Óscar García, Juan M. Corchado, Javier Bajo, Alberto Saavedra. 1as Jornadas Científicas sobre RFID. Ciudad Real 21 a 23 de noviembre de 2007
- [8] Estado del Arte en Tecnologías RFID. Eva Gotor Carrasco. Madrid, Junio 2009.
- [9] La Identificación Por Radiofrecuencia (RFID) Y Sus Aplicaciones. José Iván San José, Jesús Blanco, Juan José de Dios, Roberto Zangróniz y José Manuel Pastor, 2015, Investigación de los departamentos de, I+D, Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Automática y Comunicaciones, Sistemas Informáticos de la universidad de Cuenca.
- [10] DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE SISTEMAS RFID EN ENTORNOS SANITARIOS INTERFERENTES. Juan Salaberri Lecumberri Dr. Francisco Javier Falcone Lanas Pamplona, 14 de Septiembre de 2010. Universidad pública de Navarra.
- [11] Tutorial sobre circuitos RFID. Roberto de Jesús Urbina Ruiz. 2011. Disponible en: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lep/urbina\\_r\\_rd/](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/urbina_r_rd/) (Consulta 08 julio 2019)

- [12]<https://www.computype.com/es/blog/frecuencias-rfid-baja-alta-ultra-alta> (Consulta julio 2019)
- [13] Sistema De Identificación Por Radiofrecuencia (RFID). Guillermo A. Montenegro y Antonio E. Marchesin. Nuevas Tecnologías, Nº 2, 2007, Buenosaires. Disponible en: [https://www.enacom.gob.ar/multimedia/bibliotecas/archivos/biblioteca\\_16395.pdf](https://www.enacom.gob.ar/multimedia/bibliotecas/archivos/biblioteca_16395.pdf) (Consulta 10 Junio 2019)
- [14] Protocolos Anticolisión en RFiD. Juan Michel García Díaz, Laura Victoria Escamilla Del Río, Omar Álvarez Cárdenas, Margarita G. Mayoral Baldivia. Revista Telem@tica. Vol. 12. No. 1, enero-abril, 2013, p. 1-9. Disponible en: <http://revistatelematica.cujae.edu.cu/index.php/tele/article/viewFile/84/84>. (Consulta 9 Julio 2019)
- [15] Diseño de antenas para etiquetas de RFID en escenarios de alta exigencia. Sergio López Soriano. 2017 Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/462033/sls1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Consulta 11 Julio 2019)
- [16] Diseño de antenas UHF para aplicaciones RFID. José Vicente Hernández Ripoll. 2009. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/13288204.pdf> (Consulta 01 Agosto 2019)
- [17] Guía sobre seguridad y privacidad de la tecnología RFID. Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación (INTECO) y Agencia Española de Protección de Datos (AEPD) (2010) [www.inteco.es](http://www.inteco.es) (Consulta 26 Junio 2019)
- [18] La identificación por radiofrecuencia (RFID) en Europa: pasos hacia un marco político. Comisión de las Comunidades Europeas. Bruselas, 15.3.2007.COM(2007) 96 final
- [19] Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales.
- [20] Código Protección de Datos de Carácter Personal. Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado. Edición actualizada a 25 de junio de 2019. Disponible en: [www.publicacionesoficiales.boe.es](http://www.publicacionesoficiales.boe.es) (Consulta 28 Junio 2019)
- [21] ICNIRP statement on EMF-Emitting new technologies published in: Health Physics 94(4):376-392; 2008. International Commission on non-ionizing radiation protection ICNIRP publication 2008. Disponible en: <https://www.icnirp.org/> (Consulta 09 Julio 2019)

- [22] ICNIRP Statement on diagnostic devices using nonionizing radiation: Existing regulations and potential health risks published in: Health physics 112(3):305-321; 2017. International Commission on non-ionizing radiation protection ICNIRP publication 2017. Disponible en: <https://www.icnirp.org/> (Consulta 09 Julio 2019)
- [23] Informe sobre radiofrecuencias y salud (2012-2016) Comité científico asesor en radiofrecuencias y salud (CCARS) Madrid Disponible en: <https://www.sanidadambiental.com/wp-content/uploads/2017/04/Informe-CCARS-Radiofrecuencia-y-Salud-2016.pdf> (Consulta 09 Julio 2019)
- [24] Informe CCARS (Comité científico asesor en radiofrecuencia y salud) Radiofrecuencia y salud 2016. <https://www.sanidadambiental.com/wp-content/uploads/2017/04/Informe-CCARS-Radiofrecuencia-y-Salud-2016.pdf> (Consulta 10 Julio 2019)
- [25] Nota descriptiva nº304 Mayo 2006 OMS (Organización Mundial de la Salud)
- [26] LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID. Lionel M. Ni, Yunhao Liu, Yiu Cho Lau y Abhishek P. Patil. Wireless Networks 10, 701–710, 2004.
- [27] Técnicas de localización de nodos inalámbricos mediante redes de sensores. José de J. Rugeles y Deiby León. Universidad militar Nueva Granada, Bogotá. Colombia. CISCi 2013.
- [28] Código IGS (Código Internacional de Gestión de la Seguridad y directrices para su implantación). Edición 2014. Publicación de la OMI. ISBN 978-92-801-3124-6.
- [29] Convenio SOLAS. Edición 2014. Publicación OMI. ISBN 978-92-801-3125-3.
- [30] Boletín Oficial del estado. BOE [web]. Ley 14/2014, de 24 de julio, de Navegación Marítima. Boe.es. [Consulta: julio 2018]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2014/07/25/pdfs/BOE-A-2014-7877.pdf> (Consulta 20 Julio 2019)